

Digitalisering en technologische ontwikkelingen in het onderwijs

MAPPING REVIEWS

NKO KENNISAGENDA



ALEXANDER KREPEL
ANNABEL VAESSEN
DANA UERZ

PIERRE GORISSEN
MANON VAN ZANTEN

BIEKE SCHREURS
ESTHER STRONKHORST

CIP-gegevens KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Krepel, A., Vaessen, A. & Stronkhorst, E. (Kohnstamm Instituut)
Gorissen, P., van Zanten, M. & Uerz, D. (HAN iXperium Centre of Expertise Leren met ict)
Schreurs, B. (Universiteit van Amsterdam)
Digitalisering en technologische ontwikkelingen in het onderwijs
Mapping reviews
NKO Kennisagenda
Amstelveen: Kohnstamm Instituut.
(Rapport 1155, projectnummer 40974)

ISBN 978-94-6321-221-2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Uitgave en verspreiding:
Kohnstamm Instituut
Keizer Karelplein 1, 1185 HL Amstelveen
Tel.: 020-214 1400
www.kohnstamminstituut.nl
Dataverwerking: Elion.nl
© Copyright Kohnstamm Instituut, 2026

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Vraagstuk 1: AI	7
Vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen	19
Vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren	28
Bijlage Search	37
Bijlage Literatuurlijst	46
Bijlage Sectorverdeling	58
Bijlage Bibliometrische analyse	59

Inleiding

Dit rapport presenteert drie mapping reviews rond drie specifieke vraagstukken in het kader van de Kennisagenda "Digitalisering en technologische ontwikkelingen" van het Nationaal Kennisinstituut Onderwijsonderzoek (NKO). De Kennisagenda heeft twee doelen. Ten eerste het strategisch programmeren van de NKO-activiteiten voor de periode 2026–2029. Ten tweede het versterken van de regiefunctie van het NKO in de kennisinfrastructuur. De mapping reviews maken deel uit van de derde fase van de kennisagendaontwikkeling, waarin per thema wordt verdiept welke wetenschappelijke kennis al beschikbaar is en waar kennisleemtes bestaan.

Het thema digitalisering en technologische ontwikkelingen staat centraal omdat technologische veranderingen het onderwijs op meerdere niveaus raken: van het curriculum en de leermiddelen tot de didactiek en toetsing. Digitalisering biedt kansen voor maatwerk en kwaliteitsverbetering, maar brengt ook risico's met zich mee op het gebied van privacy, afhankelijkheid van grote technologiebedrijven en de ethische inzet van AI. De opkomst van generatieve AI heeft de urgentie van deze vraagstukken versterkt.

Tegelijkertijd laten onderzoeksgegevens zien dat de digitale vaardigheden van Nederlandse leerlingen in po en vo achterblijven, en dat studenten in mbo en ho beter moeten worden voorbereid op een arbeidsmarkt waarin digitale competenties onmisbaar zijn.

Binnen dit thema zijn drie vraagstukken geselecteerd voor een mapping review, op basis van hun urgentie voor het onderwijs, hun brede sectorale reikwijdte en hun potentiële impact op de kwaliteit van het onderwijs voor alle leerlingen en studenten¹. De prioritering van de vraagstukken is tot stand gekomen door iteratieve expertconsultaties. Eerst hebben de onderzoekers van het consortium een prioriteitenlijst samengesteld van ongeveer 15 vraagstukken. Vervolgens hebben we deze vraagstukken voorgelegd aan externe expertgroepen van *Wetenschappelijk Programma (WT)* van het *Nationaal Onderwijslab AI (NOLAI)* en *Research Priority Area: Youth Digitality* van de Universiteit van Amsterdam, met als doel te toetsen of er blinde vlekken ontbraken. Vervolgens beoordeelde een door NKO opgestelde feedbackcommissie bestaande uit onderwijsprofessionals, beleidsmakers en

¹ Waar in dit document leraar of leerling gebruikt wordt kan ook docent en student gelezen worden. Bij uitspraken die specifiek zijn voor één sector, gebruiken we de binnen die sector gangbare termen. Datzelfde geldt voor begrippen als school of onderwijsinstelling, klas en collegezaal.

onderzoekers de vraagstukken inhoudelijk en op onderlinge indeling. Daarbij hanteerde de commissie drie criteria:

1. De mate waarin kennis over het thema bijdraagt aan **hoogwaardig onderwijs**: dit betekent dat het bijdraagt aan de verbetering van de kwaliteit van lessen, vakken en opleidingen, de kwaliteit van onderwijsinstellingen en/of de kwaliteit van onderwijs voor alle leerlingen.
2. De breedte van de **reikwijdte**: het vraagstuk raakt meerdere sectoren (po, vo, mbo, ho) en niveaus (micro, macro, meso).
3. De mate waarin kennis bijdraagt aan duurzame verbetering van het onderwijs en de **toekomstige** uitdagingen.

Op basis daarvan is een voorstel voor prioritering opgesteld, waarover in een tweede feedbackronde (bijeenkomst 12 januari 2026) consensus is bereikt. Dit resulteerde in de selectie van de volgende drie vraagstukken:

Vraagstuk 1: Hoe geven we vorm aan de (digitale) transformatie van het onderwijs met de aanwezigheid van AI?

De opkomst van AI en het effect daarvan op onderwijs wordt als meest urgent beschouwd. De maatschappelijke discussie is groot, de ontwikkelingen gaan snel, en het vraagstuk raakt alle sectoren op meerdere niveaus. Dit vraagstuk richt zich op alle AI-toepassingen in het leerproces van adaptieve leersystemen en intelligente tutorsystemen tot generatieve AI bij toetsing en lesvoorbereiding. Ook de effecten op kansengelijkheid, academische integriteit en de vraag hoe scholen en instellingen beleid ontwikkelen rondom AI spelen een rol, inclusief vraagstukken rond privacy, algoritmische bias en digitale soevereiniteit.

Vraagstuk 2: Hoe kunnen we digitale geletterdheid effectief onderwijzen, en hoe voorkomen we dat verschillen in digitale vaardigheden de kloof tussen leerlingen vergroten?

Digitale geletterdheid is als tweede geprioriteerd, met name gezien de zorgelijke cijfers van leerlingen en de concrete opdracht voor scholen om de nieuwe kerndoelen voor digitale geletterdheid te implementeren in het curriculum. Dit vraagt niet alleen om aandacht voor het onderwerp in de klas, maar ook het ontwikkelen van leermateriaal en toetsing, evenals professionalisering van leraren op dit gebied. Dit vraagstuk omvat digitale geletterdheid in brede zin, inclusief deelgebieden als *computational thinking*, leren programmeren en AI-geletterdheid als deelcompetentie. Centraal staan twee vragen: welke didactische aanpakken effectief zijn, en in welke mate er sprake is van een digitale kloof, dat wil zeggen hoe digitale vaardigheden samenhangen met achtergrondkenmerken van leerlingen zoals sociaaleconomische status en gender.

Vraagstuk 3: Hoe kunnen we digitale onderwijscompetenties van onderwijsprofessionals structureel ontwikkelen en borgen?

De **digitale competenties van leraren** vormen het derde vraagstuk. Naast digitale vaardigheden zijn didactische competenties cruciaal: zonder doordachte pedagogische aanpak kunnen digitale leermiddelen en werkvormen niet effectief worden ingezet. Dit maakt competenties van leraren tot een voorwaarde voor de andere twee vraagstukken. Dit vraagstuk richt zich op leraren en hun professionele ontwikkeling, met aandacht voor zowel de benodigde technische als pedagogisch-didactische competenties.

Mapping reviews

Onderzoeksvragen

Het doel van de mapping review is om enerzijds een samenvatting te geven van de bestaande kennis, en anderzijds in kaart te brengen welke kennis er nog ontbreekt. Hierbinnen is specifiek aandacht hoe de kennisbasis eruitziet in verschillende onderwijssectoren: primair onderwijs (PO), voortgezet onderwijs (VO), en middelbaar beroepsonderwijs en hoger onderwijs (MBO/HO). Dit vertaalt zich in twee concrete doelen:

Wat weten we al? → Een samenvatting van de resultaten van de bestaande kennis, met zwaardere weging voor peer-reviewed en methodologisch sterke studies en studies die in Nederland of vergelijkbare onderwijsstelsels zijn uitgevoerd.

Wat ontbreekt er? → Een *gap-analyse* waarin we in kaart brengen welke kennis nog ontbreekt. Welke thema's zijn niet of minder onderzocht? Welke doelgroepen of sectoren zijn onderbelicht? Welke contextspecifieke factoren beperken de generaliseerbaarheid naar Nederland? Welke conclusies kunnen (nog) niet getrokken worden door beperkingen in onderzoeksdesigns?

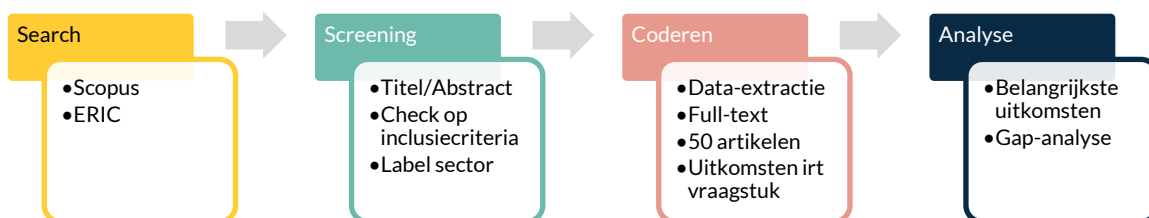
Dit leidt tot de volgende mappingvragen en reflectievragen:

Mapping vraag	
M1	Welke inhoudelijke aspecten van het vraagstuk zijn onderzocht?
M2	In welke sectoren is het vraagstuk onderzocht?
M3	In welke landen/stelsels is het vraagstuk onderzocht?
M4	Aan de hand van welk soort onderzoeksvragen is het vraagstuk onderzocht?
M5	Met welk methodologie is het vraagstuk onderzocht?
M6	In welk soort bronnen zijn resultaten gepubliceerd?

Reflectievraag	
R1	In welke mate dekken de onderzochte aspecten het vraagstuk zoals omschreven? Welke aspecten, sectoren lijken wel/niet onderzocht?
R2	In welke mate passen de soort onderzoeksvragen en gekozen methodologieën bij het vraagstuk zoals omschreven?
R3	Wat zijn de implicaties voor nieuw onderzoek, kennisdeling en innovatie?

Aanpak

De drie mapping reviews zijn op dezelfde systematische wijze uitgevoerd, zodat de bevindingen onderling vergelijkbaar zijn en het proces transparant en herhaalbaar is. Hieronder worden de stappen toegelicht.



Figuur 1 Stappen in de mapping review

1. Search

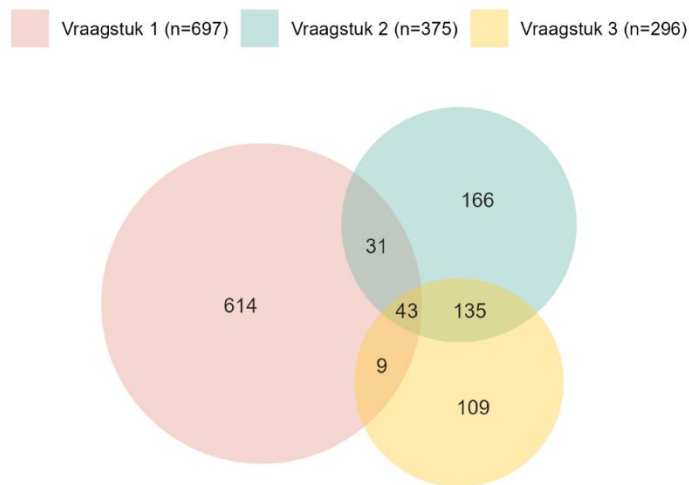
Voor elk vraagstuk zijn op 27 januari 2026 zoekopdrachten uitgevoerd in twee wetenschappelijke databases: ERIC en Scopus. ERIC is de belangrijkste internationale database voor onderwijswetenschappelijk onderzoek; Scopus biedt een bredere multidisciplinaire dekking en vergroot daarmee de kans dat relevante studies niet worden gemist. De zoekopdrachten zijn opgesteld op basis van de centrale trefwoorden per vraagstuk en omvatten synoniemen, verwante termen en relevante afkortingen. Bij het opstellen van de trefwoorden en het uitvoeren van de zoekopdrachten zijn we ondersteund door een informatie expert van de Universiteit van Amsterdam. De volledige zoekopdrachten, inclusief trefwoorden, zijn opgenomen als bijlage. Door gebruik van truncatie (bijvoorbeeld teacher* of school*) worden verwante vormen zoals teachers, en teacher education of school team en school leaders automatisch meegenomen. Doelgroepstermen als leraren of leerlingen zijn waar mogelijk niet als aparte zoekstap opgenomen, omdat deze al worden gedekt door te zoeken binnen school* en education*.²

De zoekopdrachten zijn uitsluitend gericht op peer-reviewed systematische, scoping, mapping, umbrella review artikelen en meta-analyses. Deze keuze is gemaakt om twee redenen. Ten eerste bieden reviews en meta-analyses de sterkste bewijskracht, omdat zij de bevindingen synthetiseren van meerdere primaire studies en daarmee een breder en robuuster beeld bieden dan afzonderlijke onderzoeken. Ten tweede maakt deze afbakening het zoekproces beheersbaar binnen de scope en looptijd van dit onderzoek. Daarmee brengt de aanpak ook een beperking met zich mee: inzichten die alleen beschikbaar zijn in primaire studies (met name over recente of sterk contextuele ontwikkelingen) zijn in deze reviews mogelijk ondervertegenwoordigd.

Aanvullende inclusiecriteria zijn: publicaties in het Nederlands of Engels, en publicatiedatum vanaf 2015. De keuze voor 2015 als ondergrens sluit aan bij de periode waarin de huidige generatie digitale technologieën en bijbehorende onderwijsvraagstukken

² Termen als children en adolescents zijn bewust niet opgenomen: de scope van dit onderzoek richt zich op leerlingen en studenten in een formele onderwijscontext, niet op kinderen of jongeren in het algemeen. Vroegschoolse educatie (preschool) valt buiten de expliciete scope van de drie vraagstukken, die zich richten op primair onderwijs, voortgezet onderwijs, mbo en hoger onderwijs en is daarom niet als expliciete term meegenomen.

opkwamen. In figuur 2 zijn de resultaten van de eerste zoekopdracht te vinden nadat de duplicaten verwijderd zijn. In de figuur is te zien dat enkele reviews in alle drie de vraagstukken werden gevonden. Een voorbeeld is een review studie over *AI-literacy*.



Figuur 2 Overlap in zoekresultaten tussen de drie vraagstukken

2. Screening

Vervolgens zijn alle artikelen per vraagstuk apart gescreend op basis van titel en abstract, in de screeningtool Rayyan. Hierbij werden de volgende vier inclusiecriteria opgesteld:

Om te worden geïncludeerd, moet een studie (1) betrekking hebben op een onderwijscontext (leerlingen, studenten, leraren, onderwijsinstellingen) in het primair onderwijs, voortgezet onderwijs, mbo of hoger onderwijs. Het vraagstuk van (AI, digitale geletterdheid van leerlingen of digitale competenties van leraren) moet een centrale variabele zijn in de review als voorspeller, uitkomstvariabele of als mediërende factor en niet als randverschijnsel (bijvoorbeeld als AI alleen is gebruikt als onderdeel van de onderzoeksmethodologie). Verder werden studies alleen geïncludeerd als (2) het studietype een peer-reviewed (3) systematische review, scoping mapping, umbrella review of meta-analyse betreft (4) die is gepubliceerd in 2015 of later. De screening werd uitgevoerd door twee onderzoekers per vraagstuk. Eerst zijn hiervoor per vraagstuk 15 artikelen gescreend door ten minste drie onderzoekers, die zijn gebruikt om de selectiecriteria verder aan te scherpen. Vervolgens zijn per vraagstuk minstens 40 additionele artikelen gescreend door beide onderzoekers om vast te stellen of de criteria identiek werden gehandhaafd. In deze fase waren onderzoekers blind voor de beoordelingen van anderen. Per thema zijn tussen de 10-20% dubbel gecodeerd. De screening resulteerde in n= 298 inclusies voor vraagstuk 1, n = 122 voor vraagstuk 2, en n = 50 voor vraagstuk 3.

Elk geïncludeerd artikel is gelabeld op basis van genoemde sector in de titel en abstract (PO, VO, MBO, HO of 'niet gespecificeerd'). Eveneens is gelet op subthema's die als deelvraagstuk worden behandeld in de themabeschrijving of die tijdens het screenen opvielen als onderzoekscluster.

Uit de volledige set gescreende en geïncludeerde studies is voor vraagstuk 1 en 2 vervolgens

een selectie van 50 studies gemaakt voor diepgaandere codering. Voor de criteria voor deze selectie gaan we uit van artikelen met de meeste empirische zeggingskracht (meta-analyses) in vaak geciteerde journals (bij voorkeur een OpenAlex citedness score > 5³). Aangevuld met reviews en meta-analyses over onderbelichte deelvraagstukken of sectoren die vanuit de themabeschrijving wél relevant blijken (in journals met een OpenAlex citedness score > 3). Voor vraagstuk 3 zijn alle geïncludeerde studies gecodeerd.

3. Codering

De geselecteerde studies zijn gecodeerd aan de hand van een gestandaardiseerd codeerschema, ontwikkeld in afstemming met NKO. Daarin zijn onder andere geregistreerd: het type review, de onderwijssector(en) waarop de studie betrekking heeft, en de voornaamste bevindingen in relatie tot de onderzoeksvragen. De volledige codeeruitkomsten zijn opgenomen als bijlage bij dit rapport.

4. Analyse en beantwoording van de onderzoeksvragen

De bevindingen zijn via een gestructureerde aanpak geanalyseerd om inzichtelijk te maken over welke onderwerpen al voldoende kennis bestaat en waar nog kennisontwikkeling nodig is. Als eerste stap is een thematische analyse uitgevoerd van alle geïncludeerde reviewstudies (zie bijlage voor een overzicht van alle inclusies). Op basis van de coderingen zijn de studies ingedeeld in subthema's; deze indeling is door meerdere onderzoekers onafhankelijk beoordeeld en waar nodig besproken tot consensus. De clustering volgt in eerste instantie de subthema's uit de vraagstukbeschrijving. Waar substantiële onderzoeksclusters opkwamen die niet als zodanig in de vraagstukbeschrijving stonden (zoals taalonderwijs bij vraagstuk 1) zijn deze opgenomen omdat ze een herkenbaar en relevant onderzoeksgebied vertegenwoordigen.

Vervolgens is per subthema geanalyseerd wat de inhoudelijke focus van de studies was, welke populaties werden onderzocht en in welke onderwijssectoren het onderzoek plaatsvond. Op basis hiervan is een mapping opgesteld van de beschikbare kennis: een systematisch overzicht van wat er per thema, doelgroep en sector bekend is. Bij de presentatie van bevindingen weerspiegelen volgorde en taalgebruik de mate van zekerheid: bevindingen gedragen door meerdere methodologisch sterke studies staan vooraan en worden als robuust gepresenteerd; bevindingen uit één studie of zwakkere reviews worden expliciet gemarkeerd ("één review suggereert...").

De gap-analyse die hierop volgde, is opgebouwd uit twee onafhankelijke bronnen: gaps en beperkingen die de auteurs van de reviewstudies zelf benoemen, en lacunes die zichtbaar worden wanneer de codeeruitkomsten worden vergeleken met de thema's en vragen uit de vraagstukbeschrijving. Daarbij is gekeken welke sectoren, doelgroepen of thema's structureel ondervertegenwoordigd zijn in het beschikbare onderzoek. Tot slot zijn de bevindingen uit de mapping en de gap-analyse expliciet afgezet tegen de vooraf geformuleerde onderzoeksvragen per vraagstuk, om na te gaan welke vragen het beschikbare onderzoek wel en niet beantwoordt. De reflectievragen R1 tot en met R3 brengen deze twee bronnen samen.

3 <https://openalex.org/> is een open en gratis alternatief voor gebruik van impact factors. Gebruik van de scores is vollediger dan de impact factors van Clarivate's Journal Citation Reports (JCR), die enkel kijkt naar journals die onderdeel zijn van Web of Science. De correlatie tussen OpenAlex citedness score en impact factor is zeer hoog.

Vraagstuk 1: AI

Search

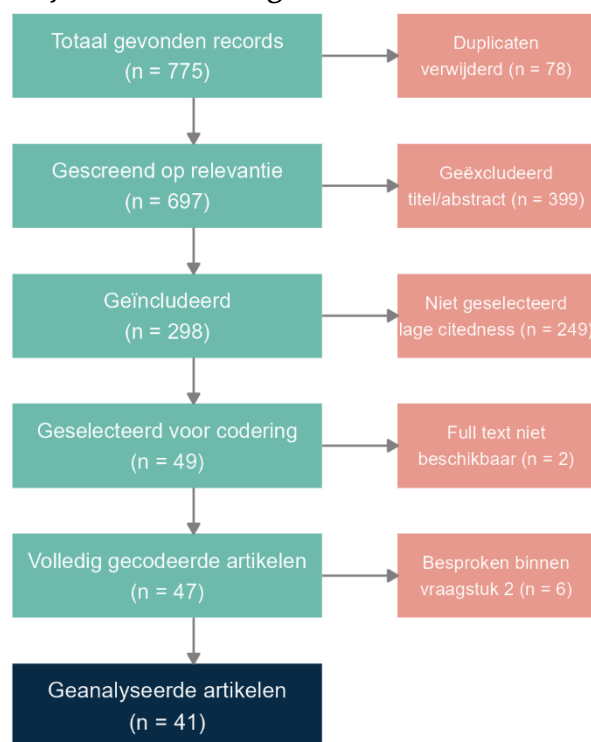
De literatuursearch voor dit vraagstuk richt zich op reviews en meta-analyses over de rol en effecten van AI in onderwijscontext. We zijn hierbinnen benieuwd naar verschillende deelonderwerpen van generatieve AI als leerinstrument tot *intelligent tutoring systems*, toetsing, ethische dimensies en beleid⁴. Concreet is gezocht naar onderzoek waarbij het effect van AI op het leerproces, de onderwijspraktijk of de schoolorganisatie centraal staat.

De search is opgebouwd uit vier stappen. Eerst is gezocht op generieke AI-termen (zoals *artificial intelligence*, *machine learning*, *LLM*, *ChatGPT*) en meer specifieke toepassingen (*intelligent tutoring systems*, *dialogue agents*, *adaptive learning systems*).⁵

In de tweede stap zijn termen toegevoegd voor elke relevant onderwijssector, in de derde stap filters voor meta-analyses en reviews, en ten slotte een filter voor peer-reviewed journals. De zoekopdrachten zijn uitgevoerd in ERIC en Scopus; de volledige zoekstrings zijn opgenomen in de bijlage.

Inclusie en selectie

Van de 697 gescreende records zijn 298 artikelen geïncludeerd op basis van de inclusiecriteria. Hieruit hebben we 49 artikelen geselecteerd voor codering op



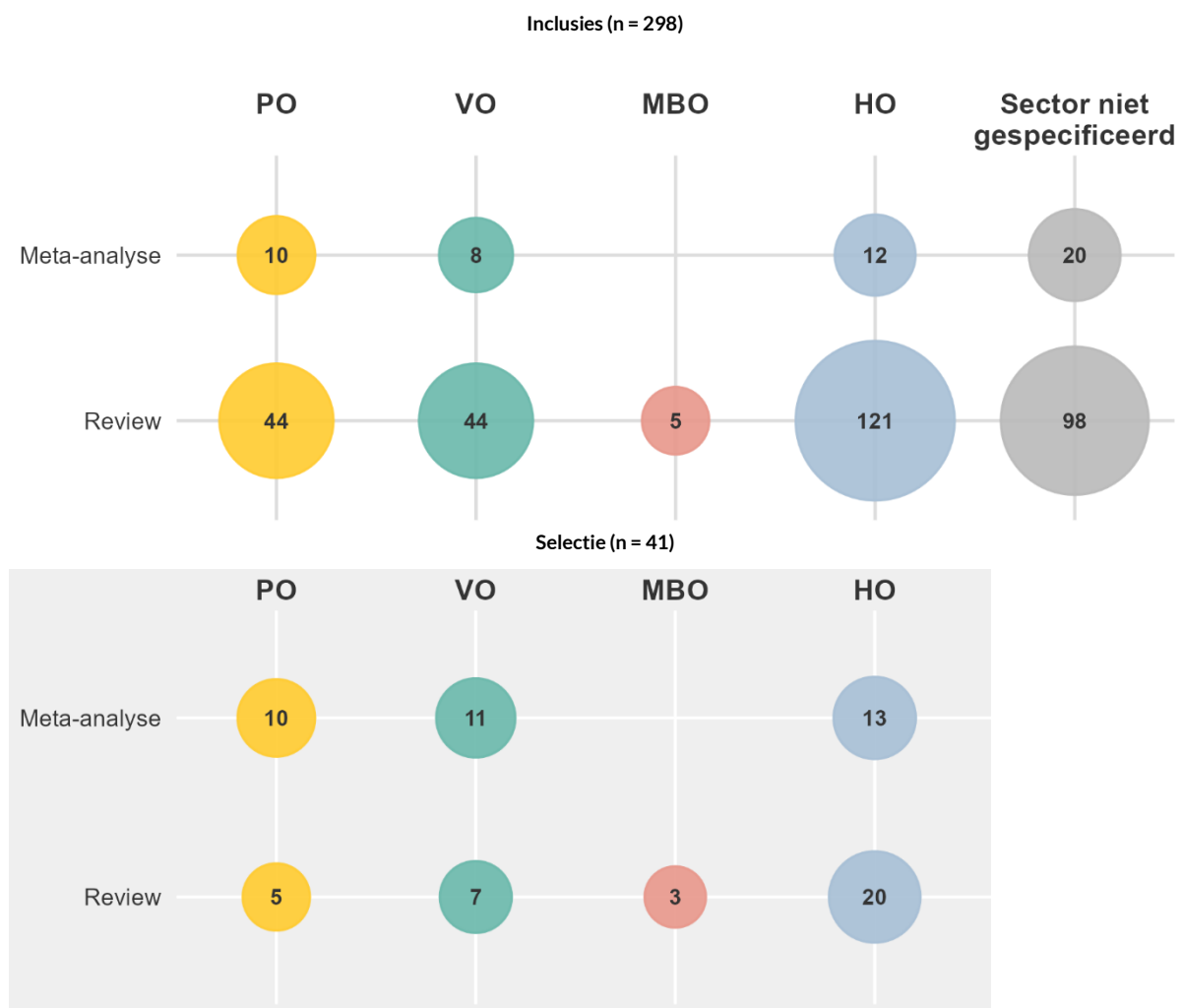
Figuur 3 PRISMA flowchart voor inclusie en selectie in vraagstuk 1: AI

⁴ We zijn hierbinnen benieuwd naar verschillende deelonderwerpen van generatieve AI als leerinstrument tot intelligent tutoring systems, toetsing, ethische dimensies en beleid.

⁵ Termen als technology en algorithm zijn bewust niet opgenomen omdat deze breder zijn dan AI en daarmee vooral irrelevante hits zouden opleveren.

basis van relevantie. Daarbij zijn eerst meta-analyses geselecteerd uit journals met een citedness score boven de 7 (17 artikelen), aangevuld met relevante systematische reviews over deelonderwerpen uit journals met een citedness score boven de 5 (ITS, *learning analytics*, AI-geletterdheid). Ten slotte zijn artikelen toegevoegd over deelonderwerpen die enkel in minder vaak geciteerde journals voorkwamen maar die volgens de themabeschrijving cruciaal zijn: toetsing, inclusiviteit, ethiek, beleid, academische vaardigheden en de sector MBO. Van deze 49 geselecteerde artikelen was voor 2 studies geen full-text beschikbaar, waardoor uiteindelijk 47 artikelen volledig zijn gecodeerd. Daarbij viel op dat 6 artikelen zich volledig richten op AI-geletterdheid als vorm van digitale geletterdheid; de bevindingen hiervan worden besproken onder vraagstuk 2. De mapping- en reflectievragen zijn daarom beantwoord op basis van de resterende 41 studies.

Figuur 4 geeft een overzicht van de verdeling naar sector en methodetype, zowel voor de volledige inclusie (n = 298) als voor de uiteindelijke selectie (n = 41).



Figuur 4 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 1: AI

Noot: Sectorsaantallen in de inclusie zijn gebaseerd op titel en abstract; studies die op dat moment niet konden worden ingedeeld zijn gelabeld als 'sector niet gespecificeerd'. Bij de codering is op basis van volledige tekstlezing een nauwkeurigere sectorindeling gemaakt, wat verklaart waarom aantallen per sector in de selectie soms hoger uitvallen dan in de inclusie.

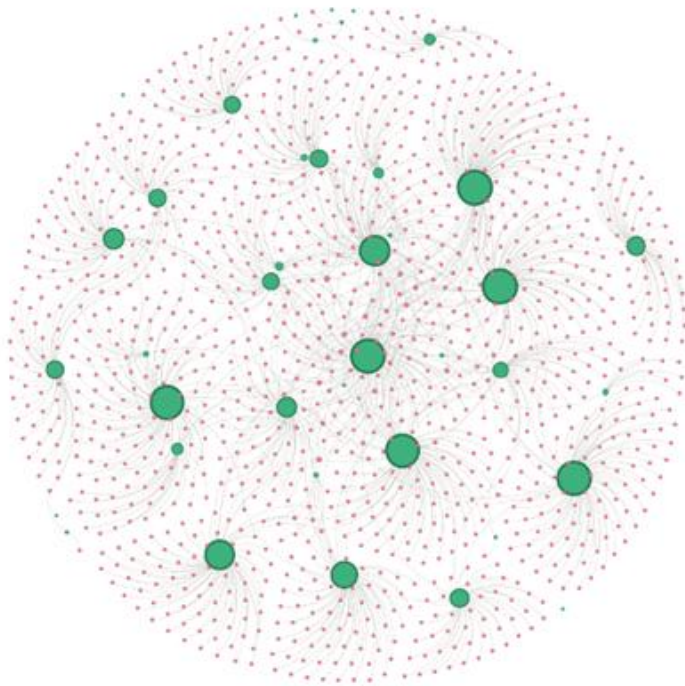
Om het bredere corpus te karakteriseren, toont figuur 5 de meest voorkomende keywords binnen alle geïncludeerde artikelen. Hier is af te lezen dat (naast *Artificial Intelligence*)

[illegible]

Naast de thematische spreiding is er een zeer duidelijke trend te zien van het aantal gepubliceerde studies over AI in het onderwijs, waarbij 84% van de geïncludeerde studies is gepubliceerd in 2024-2025, zie figuur 6. De geselecteerde reviews of meta-analyses baseren zich op 8 tot 300 primaire studies (mediaan 37,5; gemiddelde 58,7), wat wijst op een veld met een stevige empirische basis.



9



Figuur 7 Citatienetwerk gecodeerde artikelen AI

M1 Welke inhoudelijk aspecten van het vraagstuk zijn onderzocht?

Generatieve AI en leeruitkomsten

Het grootste cluster ($n=15$, 37%) betreft onderzoek naar het effect van generatieve AI (met name ChatGPT) als leerinstrument op prestaties. Van deze 15 reviews zijn er 12 meta-analyses die zich richten op leeruitkomsten, primair gericht op het hoger onderwijs. Al deze 12 meta-analyses komen tot dezelfde conclusie: er zijn consistente positieve effecten van generatieve AI op uiteenlopende uitkomstmaten, van leeruitkomsten (1, 3, 16, 22, 23, 26, 28), en taalvaardigheid (2, 31, 33) tot academische en cognitieve (6, 38). Het hoger onderwijs is veruit de meest onderzochte populatie: de meeste studies richten zich uitsluitend op HO (1, 23, 28, 37), en ook studies die meerdere sectoren meenemen hebben overwegend HO-studenten als primaire onderzoekspopulatie (3, 16, 22, 26). De bevindingen over sectorverschillen zijn inconsistent. Twee studies vinden aanwijzingen dat effecten kleiner of afwezig zijn buiten het hoger onderwijs: effecten op middle school zijn niet significant en in het primair onderwijs gemengd (16), en studenten in het hoger onderwijs profiteren het meest terwijl effecten in PO en VO niet significant zijn (12). Andere studies vinden geen significante verschillen tussen sectoren (22, 26). Over de effecten van generatieve AI buiten het hoger onderwijs kan op basis van de huidige literatuur dan ook nog weinig worden gezegd.

Slechts een aantal studies (3, 7, 23, 28) neemt de wijze waarop leeruitkomsten gemeten worden mee in de analyse. Daarbij plaatst (3) de kanttekening dat bij verschillende studies studenten ChatGPT ook mochten gebruiken bij het eindproduct/nameting en dat bij veel verschillende studies dit niet specifiek werd vermeld. De kans bestaat dat de positieve

leeruitkomsten niet alleen het resultaat van het leerproces beoordelen, maar ook het product gegenereerd samen met ChatGPT.

Leraarondersteuning lijkt cruciaal bij inzet van generatieve AI: zonder begeleiding daalt het gemiddelde effect tot bijna nul, terwijl het met begeleiding groot is (22). Leerlingen die generatieve AI voor het eerst gebruiken lijken (1) en studenten met een lager ICT-niveau of lagere SES (28) lijken méér te profiteren dan andere leerlingen. Dit laatstgenoemde patroon wijst op een 'marginale winst'-effect: in omgevingen met een schaarste aan digitale en onderwijskundige middelen, levert een interactieve generatieve AI-tool relatief de grootste meerwaarde op (28).

Academische vaardigheden

Een vaak geuite zorg over AI in het onderwijs is dat leerlingen die sterk op AI leunen minder goed zelf kritisch en analytisch (leren) nadenken, ook wel aangeduid als 'cognitieve offloading'. Ook auteurs rapporteren dat overafhankelijkheid van AI-dialoogsysteem laat zien dat mentale inspanning daalt bij ChatGPT-gebruik (3), en signaleren risico's voor kritisch en analytisch denken (10). Opvallend genoeg rapporteren twee meta-analyses en één review juist een duidelijk positief effect op bredere cognitieve en academische vaardigheden, waaronder kritisch denken, communicatie, samenwerking en creativiteit (6, 3, 38). Al zijn er ook studies die geen significante effecten vinden op metacognitie (28), wat mede te verklaren kan zijn door het gegeven dat veel generatieve AI-tools zich beperken tot contentgeneratie (28). Deze effecten zijn van middelgrote omvang, en het onderzoek hiernaar richt zich vrijwel uitsluitend op het hoger onderwijs.

Taalonderwijs

Binnen de bredere meta-analyses valt op dat taalonderwijs sterk vertegenwoordigd is: zo bestaat bijvoorbeeld 31% van de 69 geïncludeerde studies in (3) uit taalonderwijsonderzoek. Daarnaast is taalonderwijs ook als zelfstandig subdomein veelvuldig onderzocht, met vijf van de achttien geïncludeerde meta-analyses die zich hier specifiek op richten, waaronder meerdere die zich uitsluitend focussen op Engels als vreemde taal. Effecten op leerprestaties zijn groter voor taalvaardigheid en dan voor de andere vakdomeinen (28). Generatieve AI heeft een positief effect op taalvaardigheid in brede zin, met het grootste effect op woordenschat en de kleinste op spreekvaardigheid en een groter effect voor leerlingen in het PO dan in het HO (2). Specifiek voor spreken en schrijven in het Engels vinden studies eveneens grote effecten (31, 33). Voor luistervaardigheid blijkt de effectiviteit van AI vooralsnog echter niet statistisch significant, deels doordat systemen nog steeds moeite hebben met het accuraat verwerken van diverse accenten en real-time gesproken input (31). Deze positieve effecten worden gevonden bij blended en in-person contexten maar zijn niet significant in een volledige online context (2). Gebruik van AI-feedback als (formatieve) assessment-tool is ook effectief, waarbij kortere interventies beter werken dan langere (33). Auteurs beschrijven voordelen van ChatGPT als schrijffassistent in snelheid, taalondersteuning en feedbackkwaliteit, maar ook risico's zoals hallucinaties en plagiaat, en menselijke controle blijft noodzakelijk omdat AI-gegenereerde academische teksten vaak erg oppervlakkig of ongenueanceerd zijn, originaliteit missen en de logische diepgang ontberen om het werk van een zelfdenkende menselijke auteur volledig te kunnen vervangen (30). Sectoraal domineert ook in dit cluster het hoger onderwijs, al zijn PO en VO in vier van de zes studies meegenomen (2, 31, 33 en deels 4), en is MBO aanwezig in één review (30).

Intelligent Tutoring Systems (ITS) en pedagogische agents

In tegenstelling tot generieke AI, zoals ChatGPT, die niet specifiek voor het onderwijs is ontwikkeld, zijn *intelligent tutoring systems* (ITS) en pedagogische agents doorgaans strak geprogrammeerde systemen die speciaal voor een onderwijssetting ontwikkeld zijn. ITS hebben in PO en VO een positief effect op begrijpend lezen en rekenen ten opzichte van traditionele instructie, al is dit effect kleiner vergeleken met menselijke bijles (4, 18). Duur en intensiteit van gebruik spelen hierbij een rol als moderatoren (4). Hoewel ITS gemiddeld minder effectief zijn dan een menselijke tutor, kunnen ze menselijke bijles wél evenaren of overtreffen als ze met een hoge intensiteit (>75 minuten per week) en voor een langere duur (>3 maanden) worden ingezet (4). Opvallend is dat ITS het meest evenwichtig over sectoren is onderzocht: van de gecodeerde studies in dit cluster richten zes van de negen studies zich op zowel PO als VO als HO, in tegenstelling tot de overige clusters waar HO sterk domineert.

Bredere meta-analyses bevestigen positieve leereffecten van AI-gebaseerde adaptieve systemen ($g = 0.503$); daarbinnen laten VR/AR en AI-ondersteund samenwerkend leren sterkere effecten zien dan individuele AI-tutors (26). In de context van duurzaam onderwijs worden ITS-toepassingen voornamelijk ingezet voor gedragsanalyse, prestatiepredictie en uitvalpreventie, waarbij *machine learning* het meest toegepaste technologietype is (11). Hierbij wordt *supervised learning* veelal ingezet voor het voorspellen van cijfers op basis van historische en gelabelde data, terwijl *unsupervised learning* (clustering) gebruikt wordt om zonder vooraf gestelde kaders leergedragpatronen te ontdekken (11). De inzet van *machine learning* voor gedragsanalyse en het voorspellen van prestaties roept ethische vragen op. Algoritmes getraind op historische data kunnen bestaande ongelijkheden reproduceren, bijvoorbeeld wanneer leergedragpatronen uit het verleden bepalen welke leerlingen als 'at-risk' worden gelabeld, zonder dat bredere context of kansenongelijkheid wordt meegewogen. Privacy en transparantie over modelkeuzes zijn hierbij structureel onderbelichte dimensies (13, 19).

Pedagogische agents hebben kleine maar consistente positieve effecten op motivatie, kennisretentie en -transfer (24, 25). Specifieke motivatieconstructen (zoals self-efficacy en situationele interesse) worden significant beïnvloed (14), maar dat blijkt niet te gelden voor intrinsieke motivatie of de mate waarin studenten de taak waarderen (14). Bevindingen over ontwerpkeuzen (gebaren, antropomorfisme, 2D/3D) blijven inconsistent, en een overkoepelende theorie voor het ontwerp van PA's ontbreekt (25). Hoewel er brede consensus is dat antropomorfisme (een menselijke vorm) over het algemeen beter werkt, is het bewijs over de details, zoals het nut van specifieke gezichtsuitdrukkingen en gebaren, vaak tegenstrijdig (25). Sociaal-assistieve robots (SAR's) worden eveneens veelbelovend bevonden in het funderend onderwijs, met positieve effecten op taakkennis en leerplezier, al is de onderzoeksbasis beperkt en richt het meeste werk zich op taalonderwijs in plaats van wiskunde en science (9). Kinderen reageren hier positief op omdat de deels non-humane en niet-oordelende aard van de robot minder intimiderend is, wat faalangst wegneemt en vrije expressie stimuleert (9). Een praktische belemmering vormen de hoge kostprijs en kwetsbaarheid van de systemen in de klas die gevoelig zijn voor beschadiging en technische storingen in de klassensetting.

Toetsing & learning analytics

Onderzoekers rapporteren verschillende nieuwe kansen voor de rol van AI in toetsing, zoals snelle en onbevooroordeelde feedback, directe en gediversifieerde feedback, en ondersteuning van zelfassessment (7, 37). De notie van 'onbevooroordeelde' AI-feedback is daarbij omstreden: systemen getraind op bestaande beoordelingspraktijken kunnen bias reproduceren, en empirisch bewijs voor daadwerkelijke onbevooroordeeldheid ontbreekt in de meeste gevallen (27). In STEM- en scienceonderwijs maakt AI automatische scoring van complexe taken mogelijk (zoals open antwoorden en argumentatie) zonder hoge nakijklast, waarbij *supervised machine learning* en *natural language processing* domineren. Een knelpunt is dat de meeste studies alleen valideren of de machine even goed scoort als een mens, maar nauwelijks onderzoeken of het instrument ook pedagogische voordelen heeft (20, 35). Tegelijkertijd heeft generatieve AI traditionele toetsvormen in aanzienlijke mate verstoord, wat nieuwe institutionele beleidsmaatregelen vereist (7, 32). Zo stelt één onderzoek dat traditionele assessment methodes niet voldoen in tijden van generatieve AI en dat er ook behoefte is aan toetsing in nieuwe competentiedomeinen, zoals zelfregulatie, ethisch redeneren en AI-geletterdheid (37). Het onderzoek naar AI in toetsing is sterk geconcentreerd in het hoger onderwijs: alle 6 geciteerde studies betreffen HO-contexten, waarvan 2 ook VO meenemen.

Learning analytics (LA) worden breed ingezet voor het voorspellen van studieresultaten en het identificeren van at-risk studenten via classificatiealgoritmen (5, 19). Verschillende studies keken naar de combinatie van AI en LA. Zo wordt opgemerkt dat AI-algoritmes de analytische kracht achter ITS vormen (11), en dat de combinatie van AI en LA meer effectief is in het achterhalen van hiaten in de kennis van studenten en het leveren van gepersonaliseerde feedback (41). Een aantal studies (13, 41) keek ook naar *Multimodal Learning Analytics* (MMLA) waarbij verschillende datastromen gecombineerd worden bij het voorspellen van gedrag en inspanning van studenten. Privacy en ethische verantwoording worden herhaaldelijk als onderbelichte dimensies aangemerkt (13, 19), zeker bij MMLA vanwege de verzamelde biometrische data. Daarbij komt dat de data die nodig is niet altijd voorhanden is. Voorspellende modellen die getraind waren op data van vóór de COVID-19-pandemie bleken het drastisch veranderde leergedrag tijdens de pandemie niet goed te kunnen interpreteren of voorspellen (19). Veel LA-onderzoek vindt plaats op kleine datasets, vaak in experimentele setting verzameld en het is de vraag of deze breder toepasbaar (generaliseerbaar) zijn naar daadwerkelijke, grootschalige klaslokalen, zo stellen onderzoekers (13, 19). Sectoraal vertoont LA-onderzoek eenzelfde patroon als bij toetsing: van de 5 geciteerde studies kijken 5 naar het hoger onderwijs, met slechts 1 studie die PO en 1 studie die VO meeneemt.

Ethiek, bias & privacy

Ethische dimensies van AI in onderwijs zijn een breed maar voornamelijk conceptueel onderzocht thema dat in de huidige selectie nagenoeg uitsluitend is onderzocht in het hoger onderwijs. Terugkerende kernthema's zijn: fairness & equity, privacy, transparantie, agency en het voorkomen van schade (8). Bias in generatieve AI-systemen wordt in meerdere studies benoemd als risico, maar één systematische review stelt dat empirische onderbouwing van die claims in de meeste gevallen ontbreekt (27). Academische integriteit staat sterk centraal in het HO-gericht onderzoek: instellingen met heldere richtlijnen, ondersteuningsaanbod en generatieve AI-ethiekcommissies slagen er beter in onethisch

gebruik te beperken, terwijl plagiaatdetectietools voor generatieve AI als onbetrouwbaar worden beoordeeld (10, 32, 40). Overafhankelijkheid van AI-dialoogsystemen wordt geassocieerd met ethische risicofactoren (zoals hallucinatie, algoritmische bias, plagiaat, privacy en transparantie) die samen het eerder genoemde risico vergroten dat studenten kritische denkvaardigheden minder goed zelfstandig ontwikkelen (10).

Speciale behoeften & inclusie

Studenten en leerlingen met speciale onderwijsbehoeften lopen een vergroot risico op discriminerende effecten van AI-systemen: een review geeft aan dat minder dan de helft van de onderzochte AI-toepassingen in het HO ethische aspecten expliciet benoemt, en studenten met beperkingen zijn vrijwel afwezig in trainingsdata, wat bias vergroot (36). Bovendien tonen generatieve AI-systemen (zoals chatbots) soms een 'ability bias' waarbij mensen met een beperking negatiever of met meer tekortkomingen afgebeeld worden (17). Ook leidt de ontoegankelijkheid van platformen (bijv. voor schermlezers) tot vertekende interactiedata waardoor algoritmes hen onterecht als 'at-risk' bestempelen (36).

AI-systemen worden ingezet in speciaal onderwijs voor gedragsherkenning, vroege diagnose, therapie en speech analytics, maar een overkoepelend framework voor implementatie ontbreekt, en technische barrières, privacy en teacher training blijven knelpunten (17, 39). Daarnaast zorgt continue observatie (bijv. via gezichtsherkenning) voor risico's zoals prestatiedruk en stress bij studenten met angststoornissen of het onterecht markeren van ADHD-leerlingen als ongeconcentreerd (36). Gebruik in de praktijk vraagt tijd en specifieke training die niet altijd beschikbaar is (17). Voor neurodivergente leerlingen (ASD, ADHD, dyslexie) biedt AI-gedreven personalisatie veelbelovende effecten op engagement en leeruitkomsten, al ontbreken longitudinale studies (29). Succesvolle inzet vraagt om specifiek ontwerp: een multisensorische aanpak (de combinatie van tekst, beeld, geluid en haptische feedback) gecombineerd met een prikkelarme interface en adaptieve gamificatie om overprikkeling te voorkomen (29). Huidig onderzoek richt zich met name op ASD en algemene leerproblemen, waarbij AI niet alleen worden ingezet voor academische doelen, maar ook de sociaal-emotionele en gedragsmatige ontwikkeling (39).

Beleid & systeemniveau

Beleidsgericht onderzoek vormt het kleinste en methodologisch meest heterogene cluster. Instellingen worden geconfronteerd met de noodzaak om assessment te herzien, generatieve AI-beleid te formuleren en leraren te professionaliseren, waarbij instellingen met heldere en handhaafbare richtlijnen beter presteren (7, 32). Zonder een goede AI-governancestructuur, is vaak sprake van willekeur onder leraren en onzekerheid over de handhaving van de academische integriteit (38). Er is een gelaagde systeemaanpak nodig met een combinatie van beleidsmatige kaders en professionalisering (8,38). In het beroepsonderwijs is het risico dat AI bestaande ongelijkheden vergroot bijzonder groot, en verschilt het karakter van AI-gebruik fundamenteel van het hoger onderwijs: praktisch-vaardigheidsgeoriënteerd versus academisch-abstract (34). Expliciete integratie van AI in formele missiestatements van onderwijsinstellingen is vooralsnog schaars (40). Eén studie stelt dat succesvolle adoptie van AI geen puur technologische implementatie is, maar een fundamentele cultuurverandering vereist (40).

M2 In welke sectoren is het vraagstuk onderzocht?

Binnen onderzoek naar AI in het onderwijs domineert het hoger onderwijs sterk: 33 van de 41 geselecteerde studies betreffen HO (80%). PO en VO zijn met respectievelijk 18 en 15 studies nog aanwezig, maar doorgaans als meegenomen subpopulatie binnen bredere reviews, en niet als primaire onderzoekspopulatie. MBO en gespecialiseerd onderwijs zijn vrijwel afwezig met elk 3 studies. Drie studies specificeren de sector niet. Dezelfde onevenwichtigheid is te zien als we kijken naar alle 298 geïnccludeerde studies, waarbij 74% van de studies die een sector specificeerden plaatsvonden in HO, er kan dus worden vastgesteld dat dit een duidelijk kernmerk van het veld is. Bij deelonderwerpen ITS en pedagogische agents is de sectorale spreiding evenwichtiger, met substantiële evidentie voor zowel PO als VO. Bij assessment en *learning analytics* is de concentratie in HO sterker, meer dan driekwart van de studies uit het hoger onderwijs, en bij ethiek geldt dat zelfs voor nagenoeg alle studies.

Binnen de sectoren is het onderzoek niet gelijkmatig over alle vakken verdeeld. Het onderzoek concentreert zich met name op drie domeinen: Taalonderwijs (vooral Engels als tweede taal) (2, 3), STEM-vakken (exacte vakken en informatica) (3, 28) en in toenemende mate sociale wetenschappen, gezondheidswetenschappen en onderwijskunde (3, 28).

M3 In welke landen/stelsels is het vraagstuk onderzocht?

Alle 41 gecodeerde studies zijn reviews of meta-analyses van internationale literatuur en baseren zich op primaire studies uit meerdere landen. De studies geven niet altijd systematisch beeld van de geografische spreiding van het onderliggende primaire onderzoek. Daar waar uitspraken gedaan werden over de locaties van de studies in de meta-analyse (2, 3, 8, 22, 28), lag het zwaartepunt in Azië, met het Midden-Oosten als opkomende regio. Zo synthetiseerde (3) 69 experimentele primaire studies waarvan 56,5% uit Azië tegenover 13% uit Europa en 5,8% uit Noord-Amerika. Van de 57 onafhankelijke primaire studies uit (28) had bijna de helft (43,9%) dataverzameling in Oost-Azië gedaan. Ook in (22) kwam het merendeel van de 19 geïnccludeerde experimenten (met steekproefgroottes variërend van 39 tot 600 studenten per studie) uit landen als Thailand, China en Zuid-Korea. Wat betreft digitale infrastructuur zijn de onderzochte contexten grotendeels vergelijkbaar met Nederland. Een relevanter verschil betreft de onderwijscontext: veel onderzoek is uitgevoerd in sterk gecentraliseerde stelsels met uniforme curricula en gestandaardiseerd toetsen, terwijl het Nederlandse stelsel wordt gekenmerkt door schoolautonomie en een bredere definitie van leeruitkomsten⁶. In hoeverre de gevonden effecten ook in die context optreden, kan op basis van de beschikbare literatuur niet worden beantwoord.

6 OECD (2024). OECD Review of Digital Education Policy in the Netherlands. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/91118813-en>

M4–M5 Aan de hand van welk soort onderzoeksvragen en met welke methodologie is het vraagstuk onderzocht?

Alle 41 gecodeerde studies zijn literatuurstudies: 16 daarvan zijn meta-analyses (39%), 25 zijn systematische of scoping reviews zonder kwantitatieve synthese. Slechts één studie heeft een ontwerpende inslag (21). De overige reviewstudies zijn beschrijvend (88%) of verkennend (73%). Meta-analyses stellen doorgaans toetsende (39% van de 41) of verklarende vragen (34%): ze kwantificeren effectgroottes en onderzoeken moderatoren die verklaren hoe groot de effecten zijn.

De kennisbasis voor dit vraagstuk is daarmee breed maar ongelijk: over de omvang van effecten van generatieve AI in HO bestaat relatief veel kwantitatief bewijs, terwijl over mechanismen, implementatiecontext en effecten buiten HO voornamelijk beschrijvend en verkennend bewijs beschikbaar is. Bovendien zijn vrijwel alle primaire studies waarop de reviews en meta-analyses steunen kortetermijnstudies: meerdere onderzoeken benoemen expliciet het ontbreken van longitudinaal onderzoek naar de duurzaamheid van effecten (1, 3, 23, 26, 28, 34).

M6 In welk soort bronnen zijn resultaten gepubliceerd?

Alle gecodeerde studies zijn gepubliceerd in peer-reviewed tijdschriften, met een concentratie in een aantal gespecialiseerde journals, waaronder *Computers & Education*, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *Educational Research Review* en *British Journal of Educational Technology*. Grijze literatuur, conferentiebijdragen of beleidsrapporten zijn niet geïnccludeerd, wat een bewuste keuze is maar ook betekent dat praktijkgerichte of beleidsmatige kennis over AI in onderwijs buiten de scope van deze mapping review valt.

Reflectievragen

R1 In welke mate dekken de onderzochte aspecten het vraagstuk zoals omschreven? Welke aspecten, sectoren lijken wel/niet onderzocht?

De geselecteerde studies dekken de inhoudelijk meest relevante clusters af. Twee onevenwichtigheden vallen echter op. Ten eerste is de sectorale onevenwichtigheid opvallend. De overgrote meerderheid van de studies richt zich op het hoger onderwijs. Voor PO en VO is de evidentie beperkt, en voor MBO vrijwel afwezig – terwijl juist MBO een sector is waar AI-toepassingen potentieel grote gevolgen hebben voor de beroepspraktijk waarvoor wordt opgeleid.

De tweede is thematisch: onderzoek naar effecten van generatieve AI op leeruitkomsten domineert, terwijl beleidsonderzoek schaars is. Hoewel de term 'digitale soevereiniteit' zelden expliciet valt, waarschuwen vier studies (8, 13, 27, 40) nadrukkelijk voor de onderliggende risico's, zoals data-kolonialisme, de afhankelijkheid van Big Tech en het verlies van data-eigenaarschap en autonomie. Op het gebied van kansengelijkheid wijst de beschikbare evidentie op een spanningsveld: studenten met lage SES of laag ICT-niveau lijken relatief meer te profiteren van generatieve AI-inzet (28), maar tegelijkertijd zijn leerlingen met beperkingen en studenten uit achterstandsposities het kwetsbaarst voor ability bias en ongeschikte systeemontwerpen (36). De evidentie hierover is echter

vooral nog smal en bijna uitsluitend afkomstig uit het hoger onderwijs. De literatuur biedt op het punt van digitale soevereiniteit voornamelijk conceptuele waarschuwingen; empirisch onderzoek naar de daadwerkelijke effecten van platformafhankelijkheid op onderwijsstelsels ontbreekt vrijwel volledig en vormt daarmee een beleidsurgente kennislacune. Er is een structurele kloof tussen onderzoek op microniveau (wat doet AI met de individuele lerende?) en meso- en macroniveau (hoe organiseren instellingen en stelsels de inbedding van AI?). De overgrote meerderheid van het onderzoek richt zich op de directe, geïsoleerde effecten van AI op de individuele leerling of student. Studies signaleren dat dit onderzoek vaak plaatsvindt in kleinschalige, experimentele setting (laboratoria of specifieke klaslokalen) waarbij puur wordt gekeken naar de technische of directe onderwijskundige interactie met een tool (zoals een chatbot of een ITS) (13). Er is een groot gebrek aan onderzoek naar institutionele governance, de ontwikkeling van beleid, en richtlijnen voor academische integriteit (32). Het taalonderwijsonderzoek richt zich vaak op Engels als vreemde taal; over effecten van AI bij moedertaalonderwijs is minder bekend, ook omdat de kwantificering van soort taalonderzoek niet altijd gegeven wordt (2, 3, 31, 33).

R2 In welke mate passen de soort onderzoeksvragen en gekozen methodologieën bij het vraagstuk zoals omschreven?

De beschikbare methodologieën sluiten redelijk aan bij vragen over de omvang en richting van effecten, maar er zijn duidelijk nog richtingen aan te geven voor de toekomst. Ten eerste is de tijdshorizon van het beschikbare onderzoek problematisch. Vrijwel alle studies meten effecten op korte termijn, vaak direct na een interventie. Voor vraagstukken als cognitieve offloading (doet structureel AI-gebruik iets met de ontwikkeling van zelfstandig kritisch en analytisch denken?) zijn kortetermijnmetingen ongeschikt. Korte studies lopen het risico dat ze voornamelijk een tijdelijk 'novelty effect' (verhoogde motivatie en aandacht door de nieuwheid van de technologie) meten, in plaats van duurzame leereffecten (2). Juist voor deze maatschappelijk urgente vraag, ontbreekt het methodologisch meest passende type onderzoek: longitudinale studies met herhaalde meting over langere perioden om de daadwerkelijke, structurele impact op de cognitieve vermogens van studenten bloot te leggen (10, 34).

Ten tweede roept de meetvaliditeit vragen op. Meerdere studies benoemen dat toekomstig onderzoek meer aandacht moet besteden aan objectieve meting van daadwerkelijke cognitieve winst (3, 22, 28). Huidig onderzoek leunt namelijk nog te vaak op subjectieve zelfrapportages (wat sterk kwetsbaar is voor 'social desirability bias') of op toetsen die door de onderzoekers zelf zijn ontworpen, wat de effectgrootte vaak kunstmatig opblaast (3, 7). Dit impliceert de vraag in hoeverre huidige prestatiemetingen valide zijn wanneer leerlingen ook tijdens de posttest toegang hadden tot AI-tools. Daarnaast wordt de interne validiteit van de huidige studies vaak ondermijnd doordat veel onderzoeken onvoldoende controleren op basislijnverschillen (baseline equivalence) tussen de experimentele en controlegroep vóór de start van de interventie (3, 7).

Ten derde is het aandeel beschrijvend en verkennend onderzoek hoog. Dat past bij een snel opkomend veld, maar betekent dat over causale mechanismen (waarom werkt AI wel of niet in een bepaalde context?) nog weinig gefundeerde uitspraken mogelijk zijn. Hoewel er experimenteel onderzoek wordt uitgevoerd, kampen veel van deze studies met methodologische zwaktes zoals zeer kleine steekproeven. Hierdoor neemt het risico op

statistische fouten (Type II-fouten) toe en zijn de resultaten niet zomaar schaalbaar naar bredere, realistische klaslokalen (7, 13). Voor sectoren als MBO en GO ontbreekt zelfs beschrijvend bewijs. Dit hiaat in het beroepsonderwijs is bijzonder problematisch: door het ontbreken van robuuste en langdurige studies blijven de daadwerkelijke effecten van AI op de ontwikkeling van specifieke, praktische beroepsvaardigheden en toekomstig carrièresucces vooralsnog sterk speculatief (34).

R3 Wat zijn de implicaties voor nieuw onderzoek, kennisdeling en innovatie?

De kennisleemten in dit corpus bieden concrete aanknopingspunten voor verder onderzoek, kennisdeling en innovatie.

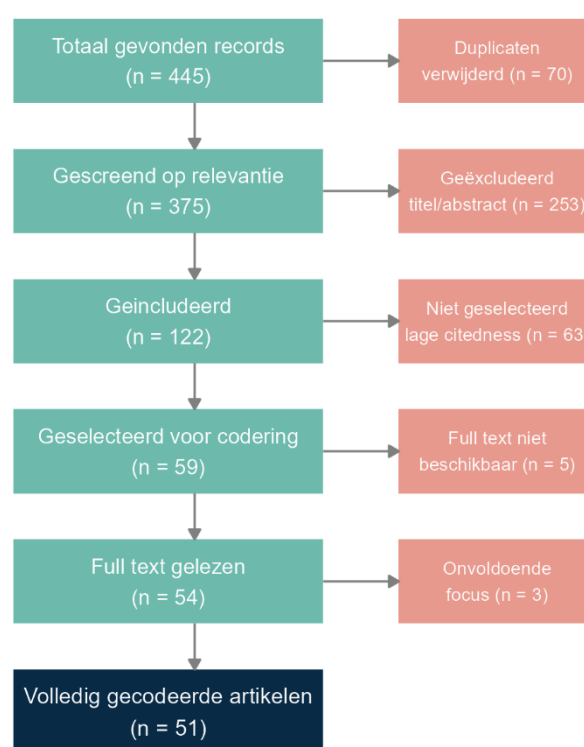
1. De meest urgente onderzoeksprioriteit is **longitudinaal onderzoek naar de effecten van structureel AI-gebruik** op de ontwikkeling van cognitieve vaardigheden. De vraag of leerlingen die intensief AI inzetten op termijn minder goed zelfstandig kritisch en analytisch kunnen redeneren, wordt door de huidige literatuur opgeworpen maar niet beantwoord (1, 3, 23, 26, 28, 34). Dit vraagt om longitudinaal onderzoek in Nederlandse onderwijscontexten om daadwerkelijke, structurele impact bloot te leggen. Hetzelfde geldt voor langetermijneffecten op taalvaardigheid, gepersonaliseerd leren en duurzame AI-integratie in de onderwijspraktijk, ook daar zijn de huidige bevindingen vrijwel uitsluitend gebaseerd op metingen op korte termijn (2, 14, 28).
2. Een tweede prioriteit is onderzoek gericht op **ondervertegenwoordigde sectoren en groepen**. Voor MBO ontbreekt vrijwel elke empirische basis; hierdoor blijven de effecten van AI op de ontwikkeling van specifieke, praktische beroepsvaardigheden sterk speculatief (34). Voor leerlingen met een beperking of lage SES is het bewijs grotendeels beschrijvend, terwijl juist zij kwetsbaar zijn voor ability bias en uitsluiting door ongeschikte ontwerpen van AI-systemen (10, 36). Gerichte onderzoeksprogramma's voor deze groepen kunnen bijdragen aan een meer rechtvaardige implementatie van AI in het onderwijs.
3. Een structurele uitdaging voor het onderzoeksveld is dat **technologische ontwikkelingen sneller zijn dan de onderzoekscyclus in wetenschappelijk onderzoek**. De onderzoeken laten zien hoe onderzoek naar ITS en adaptieve systemen razendsnel wordt ingehaald door onderzoek naar generatieve AI, terwijl de capaciteiten van die technologie zelf nog steeds veranderen. Dit pleit voor een onderzoeksagenda die meebeweegt met de technologie: gericht op blijvende, onderliggende leerprincipes, en ingericht op periodieke actualisering.
4. Ten vierde ligt er een grote opgave op het **meso- en macroniveau: de empirische validatie van beleid en de professionalisering van leraren**. Hoewel er in de onderwijspraktijk al diverse praktische handreikingen en richtlijnen circuleren, ontbreekt het in de wetenschappelijke literatuur aan bewijs over de daadwerkelijke handhaafbaarheid en effectiviteit van dit institutionele AI-beleid (7, 32, 37). Beleid op papier is bovendien ontoereikend zonder leraren die de vaardigheden hebben om AI didactisch en ethisch verantwoord in te zetten. Toekomstig onderzoek en innovatie moeten zich daarom sterker richten op de structurele AI-geletterdheid van onderwijsprofessionals en het faciliteren van een cultuurverandering waarin AI verschuift van een losse tool naar een strategisch, veilig ingebed instrument binnen de visie van de instelling.

Vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen

De literatuursearch voor dit vraagstuk richt zich op reviews en meta-analyses over effectief onderwijs in digitale geletterdheid en op de factoren die samenhangen met verschillen in digitale vaardigheden tussen leerlingen. Hierbinnen zijn verschillende deelgebieden onderscheiden: digitale geletterdheid in brede zin, deelvaardigheden zoals computationeel denken en leren programmeren, en AI-geletterdheid. Centraal staat de vraag welke didactiek effectief is. Daarnaast kijken we naar wat onderzoek zegt over de digitale kloof – in welke mate prestaties samenhangen met achtergrondkenmerken van leerlingen en studenten – en naar de relatie tussen digitale geletterdheid en andere basisvaardigheden. De search is opgebouwd uit vijf stappen. Eerst is gezocht op termen voor digitale geletterdheid en deelvaardigheden (zoals *digital literacy*, *computational thinking*, *AI-literacy*)⁷. In de tweede stap is gefilterd op studies met leerlingen als onderzoekspopulatie, zodat onderzoek gericht op leraren of organisaties buiten de selectie valt. In de derde stap zijn termen toegevoegd voor relevante onderwijssectoren, in de vierde stap filters voor meta-analyses en reviews, en ten slotte een filter voor peer-reviewed journals. De zoekopdrachten zijn uitgevoerd in ERIC en Scopus; de volledige zoekstrings zijn opgenomen in de bijlage. De zoekopdracht leverde 445 hits, waarvan na ontubbeling 375 unieke records zijn gebruikt voor screening.

Inclusie en selectie

Van de 375 gescreende records zijn 122 geïncludeerd op basis van de inclusiecriteria. Hieruit hebben we 59 artikelen geselecteerd voor codering op



Figuur 8 PRISMA flowchart voor inclusie en selectie in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid

⁷ Digital literacy is het centrale construct van dit vraagstuk zoals gedefinieerd in de vraagstukbeschrijving. Bredere termen als technology* zijn bewust niet opgenomen aangezien digitale geletterdheid een centrale variabele dient te zijn. De term digital agency is als construct opgenomen in vraagstuk 3, waar het als lerarencompetentie centraal staat maar valt buiten de scope van vraagstuk 2.

basis van relevantie. Daarbij zijn eerst reviews en meta-analyses geselecteerd met een citedness score boven de 5 (52 artikelen). Omdat HO- en MBO-gerichte studies verhoudingsgewijs vaker een lagere citedness score hadden (en juist deze sectoren ook relevant zijn voor de vraagstelling) is de selectie uitgebreid met 7 artikelen met een citedness score boven de 3 die zich richten op MBO of HO.

Van deze 59 geselecteerde artikelen was voor 5 geen full-text beschikbaar; 3 artikelen zijn na volledige lezing alsnog geëxcludeerd wegens onvoldoende focus op digitale geletterdheid van leerlingen en studenten. De mapping- en reflectievragen zijn beantwoord op basis van de resterende 51 studies, bestaande uit 19 meta-analyses en 32 systematische reviews.

Figuur 9 geeft een overzicht van de verdeling naar sector en methodetype, zowel voor de volledige inclusie (n = 122) als voor de uiteindelijke selectie (n = 51).

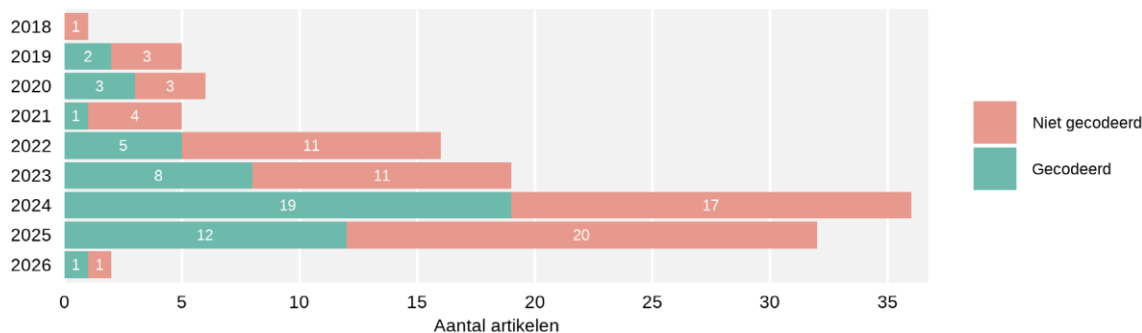


Figuur 9 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen

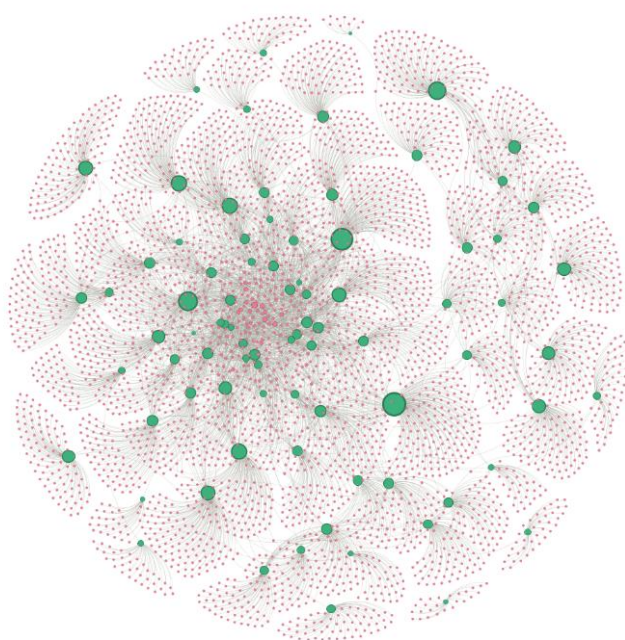
Noot: Sectoraantallen in de inclusie zijn gebaseerd op titel en abstract; studies die op dat moment niet konden worden ingedeeld zijn gelabeld als 'sector niet gespecificeerd'. Bij de codering is op basis van volledige tekstlezing een nauwkeurigere sectorindeling gemaakt, wat verklaart waarom aantallen per sector in de selectie soms hoger uitvallen dan in de inclusie.

Figuur 10 Meest voorkomende keywords in geïnccludeerde artikelen in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen

Naast thematische spreiding zien we ook dat er steeds meer over dit onderwerp wordt gepubliceerd. 57% van alle geïnccludeerde artikelen (51% van de geselecteerde artikelen) is gepubliceerd in 2024–2026, wat de recente groei van het veld weerspiegelt. De gecodeerde reviews en meta-analyses baseren zich op 6–356 studies (mediaan 31; gemiddelde 45). De relatief hoge mediaan geeft aan dat de meeste deelgebieden een stevige empirische basis hebben.



Figuur 11 Aantal gepubliceerde reviews en meta-analyses per jaar in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen



Figuur 12 Citatienetwerk gecodeerde artikelen digitale geletterdheid studenten

De **Lotka-exponent** (n) voor de gecodeerde artikelen binnen dit vraagstuk is 2,083. Dit duidt op een evenwichtige verdeling van wetenschappelijke autoriteit. Het citatienetwerk in Figuur 12 toont een clustering aan rond een aantal referenties op het gebied van *computational thinking*. Zie ook de toelichting op pagina 61.

De 51 gecodeerde artikelen zijn ingedeeld in drie inhoudelijke deelgebieden: digitale geletterdheid in brede zin ($n=12$), *computational thinking* ($n=30$), en AI-geletterdheid ($n=9$). Tabel 1 geeft een overzicht van de sectorale spreiding en het aandeel meta-analyses per deelgebied. We bespreken per deelgebied welke inhoudelijke aspecten van het vraagstuk zijn onderzocht, en geven daarna over thema's heen een beschrijving van sectoren, onderzoeksvragen en methodieken.

Tabel 1 Sectorverdeling en aandeel meta-analyses per deelgebied in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen ($n=51$)

Deelgebied	n	PO	VO	MBO	HO	VE	GO	% meta
Digitale geletterdheid (breed)	12	8	7	2	6	1	0	25%
Computational thinking	30	27	25	2	16	5	1	57%
AI-geletterdheid	9	8	7	0	6	1	0	0%

M1 Welke inhoudelijk aspecten van het vraagstuk zijn onderzocht?

Digitale geletterdheid

Twaalf artikelen richten zich op digitale geletterdheid als overkoepelend construct. Dit cluster is heterogeen: het omvat bibliometrische analyses van meetinstrumenten (22, 47), een conceptuele review van digital agency als overkoepelend DG-construct (20), onderzoek naar *data literacy* in K-12 STEM-onderwijs (13), onderzoek naar de relatie tussen SES en

ICT-geletterdheid (8) en genderverschillen in ICT-geletterdheid (37), en sectorspecifieke verkenningen van digitale competentie en inclusie in het hoger onderwijs (42) en DG in zorgopleidingen (44). Enkele studies richten zich op digitaal burgerschap (12, 39, 46, 49). Studies die niet specifiek naar interventie-evidentie of predictoren van digitale geletterdheid kijken, bieden conceptuele en instrumentele kaders: zo laat studie (47) zien dat het DigComp-framework dominant is in DG-assessmentonderzoek, en biedt (20) een analytisch kader voor digital agency als overkoepelend DG-construct. Sectoraal is dit deelgebied evenwichtig verdeeld over PO en VO, met beperkte aanwezigheid van HO en nagenoeg geen MBO-studies.

Didactische aanpak

Slechts twee van de acht artikelen rapporteren directe bevindingen over effectieve didactische aanpakken; de overige zes zijn primair beschrijvend of richten zich op meetinstrumenten en predictoren. Voor *data literacy* in K-12 STEM-onderwijs (13) wordt onderzoekend leren met authentieke datasets aangemerkt als meest effectieve strategie. Hoe digitale geletterdheid in brede zin effectief in het curriculum kan worden ingebed, is in de geselecteerde studies niet empirisch onderzocht. Op gebied van digitaal burgerschap rapporteren twee reviews dat het effectief onderwezen kan worden door actieve en betekenisvolle activiteiten, zoals interactieve tools en *game-based learning* (12, 35), narratief als reflectietool, betrokkenheid (49).

Predictoren van digitale geletterdheid/ digitale kloof

Drie artikelen adresseren specifiek ongelijkheid in digitale geletterdheid. Een meta-analyse (8) laat zien dat sociaaleconomische status (SES) een significante en consistente predictor is van ICT-geletterdheid ($r = .21$). Het effect is groter in het primair onderwijs en het sterkst bij informatieverwerkingstaken. Onderzoek (37) toont een klein gendereffect in ICT-geletterdheid ($g = .12$); meisjes scoren beter op vaardigheidstaken, terwijl jongens vaak beter scoren op self-efficacy/zelfrapportage. Als het gaat om digitaal burgerschap laten de studies zien dat jonge kinderen en meisjes kwetsbaarder zijn voor online risico's (12), en dat internetvaardigheid en de sociale omgeving — leraren, ouders en peers — significante voorspellers zijn van digitaal burgerschap bij jongeren (12, 46, 49).

Computational thinking

Computational thinking is met 30 artikelen het sterkst vertegenwoordigde deelgebied in de selectie. Het onderzoek beslaat een breed spectrum van cognitieve effecten van CT-onderwijs op executieve functies (2), tot de integratie van CT in vakinhouden zoals wiskunde (16), taaldidactiek (18) en STEM (14, 16). Verder wordt ingegaan op specifieke didactische aanpakken zoals *game-based learning* (30, 31, 45), collaboratief leren (11, 33) en leren programmeren/debugging (21, 29). Ook wordt aandacht besteed aan beschikbare technologieën als robotica (2, 24, 48, 36), AR/VR (43) en de effectiviteit van activiteiten met of zonder digitale middelen ('plugged' of 'unplugged') (15, 23, 38, 41). Drie artikelen richten zich primair op CT-assessment of conceptuele analyse (3, 32, 35).

Didactische aanpak

26 van de 30 CT-artikelen rapporteren bevindingen over effectieve aanpakken. Wat betreft het **inhoudelijke** domein laat programmeeronderwijs een significant positief effect zien op CT (effect size = 0.72, 21) en hebben **debugging-interventies** een gemiddeld effect ($g=0.64$,

29). Wat betreft de **didactische werkvorm** blijken scaffolding, probleemgestuurd programmeren, directe instructie en systematische feedback effectieve aanpakken binnen CT- en programmeeronderwijs (21, 19). *Project-based learning* en *game-based learning* hebben een positief en robuust effect op CT ($g=0.61-0.74$, 19, 30, 31, 45), met sterkere effecten in VO. Collaboratief leren is effectiever dan individueel probleemoplossen (11, 33), en gestructureerde groepsvorming en peer-interactie versterken dit effect.

Wat betreft de inzet van **technologische tools** zijn *unplugged* activiteiten effectief voor conceptueel CT-begrip, met name bij VO-leerlingen (15, 38), terwijl *plugged* activiteiten effectiever zijn voor directe vaardigheidsontwikkeling bij oudere leerlingen (41). Een combinatie van beide geeft de grootste meerwaarde (23, 41). Van *plugged* activiteiten verbetert robotica CT significant ten opzichte van traditioneel onderwijs ($SMD=0.56$, 24). In MBO-context levert robotica eveneens een groot leereffect ($g=0.99$, 48).

Wat betreft de **implementatie in het curriculum** wordt inbedding van CT in bestaande vakinhoud aangeraden in plaats van CT aan te bieden als geïsoleerd vak (16, 17, 18). CT laat een medium tot groot transfereffect zien op zowel cognitieve als niet-cognitieve uitkomsten (14). De effectiviteit van interventies hangt wel af van **leeftijd** en **interventieduur**. Gestructureerde aanpakken werken beter voor jonge leerlingen; open en projectgerichte aanpakken voor oudere (2, 24, 45). Langere interventies zijn bij programmeeronderwijs effectiever (21), terwijl bij robotica en *game-based learning* middellange interventies de grootste effecten laten zien (24, 31). Groepswork is consistent effectiever dan individuele aanpakken (24, 30). Deze bevindingen geven richting aan didactische keuzes, maar zeggen weinig over hoe scholen die keuzes organisatorisch verankeren in beleid, leerplanontwikkeling of teamafspraken. Over dat implementatieniveau biedt de reviewliteratuur weinig houvast.

Predictoren van digitale geletterdheid/ digitale kloof

Vijf CT-artikelen adresseren ongelijkheid. Genderongelijkheid in CT en CS-onderwijs is het meest onderzochte thema. Studie 4 laat zien dat meisjes lager scoren op zelfvertrouwen en interesse in CS, maar dat socioculturele (niet-biologische) factoren de belangrijkste verklaring bieden. Inclusieve pedagogiek, rolmodellen en contextualisering verminderen dit gendereffect. Studie 9 benoemt geslacht, etniciteit en sociale ongelijkheid als significante moderators van CT-leereffecten in de bovenbouw van het PO, maar kwantitatieve analyse is schaars. Studie (38) vindt géén significant gendereffect bij *unplugged* CT-activiteiten, wat erop kan wijzen dat de keuze van de didactische aanpak zelf de mate van gendergerelateerde ongelijkheid beïnvloedt. Studie (35) benoemt motivatie, self-efficacy en attitude als moderators, waarbij geslacht en achtergrond een rol spelen bij affectieve uitkomsten. Leeftijd is een consistente moderator: de effectiviteit van specifieke aanpakken verschilt significant tussen jongere en oudere leerlingen (2).

AI-geletterdheid

Negen artikelen richten zich op AI-geletterdheid. Er lijkt in het veld brede consensus te zijn over de definitie: AI-geletterdheid omvat het vermogen om AI kritisch te evalueren, er effectief mee samen te werken en het verantwoord toe te passen (27). De studies variëren van brede literatuuroverzichten (25, 27) tot specifieke pedagogische benaderingen voor K-12 (6, 26, 34), de integratie van AI en CT in het curriculum (28), prompt engineering in het

hoger onderwijs (5), een theoretisch kader (1) en een overzicht van assessmentinstrumenten voor AI-geletterdheid (40). Sectoraal valt op dat AI-geletterdheidsonderzoek zich concentreert in PO en VO, terwijl MBO volledig ontbreekt in dit deelgebied.

Didactische aanpak

Acht artikelen gaan in op (mogelijk) effectieve aanpakken. De reviews zijn consistent in welke aanpakken zij beschrijven en aanbevelen: projectgestuurd leren is de meest gebruikte aanpak (1, 25, 27, 28, 34), aangevuld met probleemgestuurd leren en gamification (27) en *game-based learning* (1). Gemeenschappelijk kenmerk is dat leerlingen actief met AI aan de slag gaan door zelf een model te trainen, een toepassing te bouwen of ermee te experimenteren, in plaats van er passief over te leren. Ethisch bewustzijn over AI ontwikkelen leerlingen in deze aanpakken effectiever via de consequenties van eigen projecten dan via abstracte principes (26). De integratie van AI-geletterdheid met CT-onderwijs wordt als veelbelovend beschreven: beide vaardigheden versterken elkaar, maar het vereist doordacht curriculumontwerp (28). Binnen het hoger onderwijs wijst onderzoek naar prompt engineering (5) op iteratief oefenen en feedbackcycli als kernprincipes, waarbij kritisch denken over AI-uitkomsten centraal staat.

Predictoren van digitale geletterdheid/ digitale kloof

Geen van de negen artikelen rapporteert kwantitatieve bevindingen over ongelijkheid in AI-geletterdheid. Een studie rapporteert dat leerlingen met eerdere programmeerervaring meer lijkten te profiteren (27). De toegankelijkheid van tools en de rol van de leerkracht als mediator worden als relevante factoren voor inclusief AI-onderwijs aangemerkt, maar empirische onderbouwing ontbreekt.

M2 In welke sectoren is het vraagstuk onderzocht?

De 122 geïncludeerde studies en de 51 geselecteerde studies zijn voornamelijk gericht op het funderend onderwijs, met PO en VO als voornaamste onderzoeksterreinen, terwijl het MBO stelselmatig onderbelicht blijft en het HO wisselend aan bod komt. Bij de 122 geïncludeerde studies was van 28% geen sector af te leiden op basis van titel en abstract. De overige 88 studies richten zich voornamelijk op het primair onderwijs (67%) en het voortgezet onderwijs (60%). Het hoger onderwijs komt voor in 32% van de inclusies en het MBO is met 8% sterk ondervertegenwoordigd. Bij full-tekst analyse van de 51 geselecteerde studies zien we een vergelijkbaar patroon. PO (84%), VO (75%) worden het vaakst genoemd, gevolgd door HO (53%). MBO is slechts in 8% van de studies meegenomen.

Dit patroon verschilt enigszins per deelgebied. Bij *computational thinking* (n=30) is de sectorale dekking het breedst: 27 studies bestrijken PO en/of VO, HO is aanwezig in 16 studies en MBO in slechts twee. Bij digitale geletterdheid in brede zin (n=12) is de absolute omvang zo klein dat geen enkele sector goed gedekt is. Bij AI-geletterdheid (n=9) is het patroon het meest uitgesproken. Tot ongeveer 2020 vond het meeste AI-geletterdheidsonderzoek plaats in HO, mogelijk vanwege het gebrek aan geschikte K-12-tools; er zijn inmiddels aanwijzingen dat het veld snel verschuift naar jongere doelgroepen (25). Onderzoek in het MBO ontbreekt hierin nog volledig.

M3 In welke landen/stelsels is het vraagstuk onderzocht?

De geselecteerde reviews zijn uitsluitend gebaseerd op internationaal onderzoek. Een deel van de auteurs wijst op geografische onevenwichtigheden in de onderliggende primaire studies. Waar dat wordt benoemd, gaat het doorgaans om een oververtegenwoordiging van de VS, Europa (7, 9, 33) en in mindere mate China/Oost-Azië (26), en een ondervertegenwoordiging van landen met een minder ontwikkelde digitale infrastructuur. De bevindingen zijn daarmee minder goed generaliseerbaar naar landen met beperktere digitale infrastructuur, een beperking die voor de Nederlandse context minder zwaar weegt. Doordat VS en Europa het sterkst vertegenwoordigd zijn, is de generaliseerbaarheid van bevindingen naar de Nederlandse context relatief groot. Een relevante kanttekening is dat het CT-onderzoek sterk is georiënteerd op STEM-vakken en contexten waar informatica als apart vak bestaat.

M4-M5 Aan de hand van welk soort onderzoeksvragen en met welke methodologie is het vraagstuk onderzocht?

In de huidige selectie zijn alleen systematische reviews en meta-analyses meegenomen. Alle 51 studies zijn daarom geclassificeerd als literatuuronderzoek (100%). Qua onderzoeksvraag is de meerderheid beschrijvend van aard (n=37, 73%) en/of verkennend (n=24, 47%). Meta-analyses hanteren naast literatuuronderzoek metastudie als methodologie (n=19, 37%), deze hebben toetsende onderzoeksvragen. Een kwart heeft ook verklarende onderzoeksvragen (n=12, 24%), hierbij gaat het om meta-analyses met specifiek aandacht voor werkzame mechanismen via moderatoranalyses. Slechts één studie heeft een ontwerpende onderzoeksvraag.

CT is het methodologisch sterkst onderbouwde deelgebied: 53% van de CT-artikelen (16 van de 30) betreft een meta-analyse, waarbij de helft toetsende en 30% verklarende onderzoeksvragen gebruikt. Digitale geletterdheid in brede zin kent slechts twee meta-analyses (25%), beide gericht op predictoren van de digitale kloof; de overige zes zijn beschrijvend of verkennend van aard. Er zijn geen meta-analyses die de effectiviteit van DG-brede interventies kwantitatief synthetiseren. AI-geletterdheid heeft geen enkele meta-analyse (0%); alle negen studies zijn systematische of scoping reviews met overwegend beschrijvende (89%) en verkennende (78%) onderzoeksvragen. Dit weerspiegelt de jonge leeftijd van het veld.

Auteurs wijzen op een aantal terugkerende onderzoeksmatige lacunes. Gevalideerde en gestandaardiseerde assessmentinstrumenten ontbreken in alle deelgebieden, maar het meest uitgesproken bij CT (3, 7, 18, 38) en AI-geletterdheid (26, 27, 40). Longitudinaal en causaal onderzoek is schaars (4, 8, 21, 27). Bij CT wordt meer onderzoek in HO (23, 24) en buiten STEM-contexten (7, 33) als prioriteit benoemd. Bij AI-geletterdheid ontbreken theoretische frameworks (25) en gecontroleerde experimentele studies (28). Bij digitaal burgerschap is het gebrek aan interventieonderzoek opvallend: een meta-analyse baseert zich op slechts twee empirische studies (46).

M6 In welk soort bronnen zijn resultaten gepubliceerd?

In de huidige selectie zijn alleen reviews en meta-analyses meegenomen uit peer-reviewed journals, deze baseren zich vrijwel uitsluitend op andere peer-reviewed artikelen.

Reflectievragen

R1 In welke mate dekken de onderzochte aspecten het vraagstuk zoals omschreven? Welke aspecten, sectoren lijken wel/niet onderzocht?

De bevindingen uit de huidige selectie dekken het vraagstuk gedeeltelijk. Effectief CT-onderwijs is goed gedocumenteerd. Voor AI-geletterdheid is de evidentie bemoedigend maar methodologisch nog zwak. Digitale geletterdheid in bredere zin (inclusief mediawijsheid, digitaal lezen en de relatie met basisvaardigheden) is echter onderbelicht. De digitale kloof is kwantitatief alleen onderzocht voor CT (gender, leeftijd) en voor SES en gender in DG breed; voor AI-geletterdheid ontbreekt dit nog volledig.

R2 In welke mate passen de soort onderzoeksvragen en gekozen methodologieën bij het vraagstuk zoals omschreven?

De huidige selectie maakt het lastig om uitspraken te doen over de geschiktheid van methodologieën voor het vraagstuk, omdat in de huidige opzet is gekozen om alleen reviews en meta-analyses te selecteren, die minder vaak gericht zijn op toetsen van specifieke interventies of implementatievraagstukken die voor dit vraagstuk van belang zijn. Auteurs benoemen zelf als terugkerende aanbevelingen: gebrek aan gevalideerde assessmentinstrumenten, gebrek aan longitudinaal onderzoek.

R3 Wat zijn de implicaties voor nieuw onderzoek, kennisdeling en innovatie?

Op basis van dit corpus zijn vier onderzoeksprioriteiten te benoemen.

1. **AI-geletterdheid** vraagt om interventieonderzoek dat verder gaat dan beschrijvende reviews, met bijzondere aandacht voor de digitale kloof in AI-competenties. De huidige evidentie is bemoedigend maar methodologisch te zwak voor beleidsmatige conclusies (25, 26, 27).
2. **MBO** is als sector systematisch onderbelicht in alle drie de deelgebieden. Sectorspecifiek onderzoek naar effectieve DG-aanpakken voor het MBO ontbreekt, terwijl juist deze sector een directe koppeling kent met een arbeidsmarkt waar digitale competenties onmisbaar zijn.
3. **Digitale geletterdheid in brede zin**, inclusief digitaal burgerschap, mediawijsheid en de relatie met basisvaardigheden zoals digitaal lezen, is in de huidige selectie methodologisch het zwakst gedekt (39, 46). Met de nieuwe kerndoelen DG in aantocht is er behoefte aan Nederlands curriculumonderzoek over effectieve implementatie, niet alleen in PO en VO maar ook daarbuiten.
4. **Implementatie en borging van DG-onderwijs op school- en stelselniveau** is vrijwel nog niet onderzocht. Hoe scholen en besturen beleid ontwikkelen, hoe curriculumkeuzes worden gemaakt zijn meso- en macrovragen die in de huidige selectie grotendeels onbeantwoord blijven (6, 44, 49).

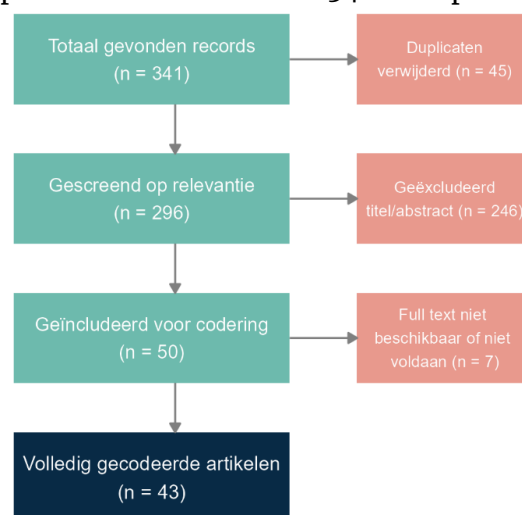
Vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

De literatuursearch voor dit vraagstuk richt zich op reviews en meta-analyses over de digitale competenties van leraren in uiteenlopende onderwijscontexten. Centraal staat de vraag hoe digitale onderwijscompetenties van onderwijsprofessionals structureel ontwikkeld en geborgd worden. Hierbinnen zijn verschillende deelgebieden te onderscheiden: digitale competenties en de frameworks waarmee die wordt beschreven en gemeten, professionalisering en opleiding van leraren, en specifieke deelvaardigheden zoals *computational thinking*, *AI-literacy* en *data literacy*, die als herkenbare onderzoeksclusters uit de gecodeerde literatuur naar voren kwamen.

De search is opgebouwd uit vier stappen. Eerst is gezocht op termen voor digitale competentie en aanverwante vaardigheden en termen (zoals *digital literacy*, *digital competence*, *technological literacy*, *TPACK*, *computational thinking*, *AI literacy*, *digital agency*). In de tweede stap is gefilterd op leraren als doelgroep (*teacher**, *educator**, *lecturer**), zodat onderzoek gericht op leerlingen of studenten buiten de selectie valt. In de derde stap zijn termen toegevoegd voor relevante onderwijssectoren, en in de vierde stap filters voor meta-analyses en reviews. De zoekopdrachten zijn uitgevoerd in ERIC en Scopus, de volledige zoekstrings zijn opgenomen in de bijlage. De zoekopdracht leverde in totaal 341 hits op. Na ontubbeling zijn 296 unieke records gebruikt voor screening.

Inclusie en selectie

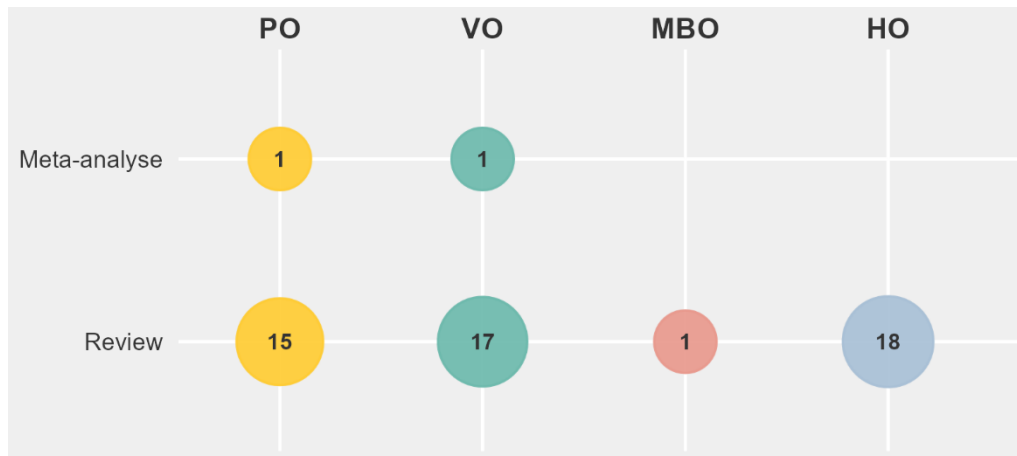
Van de 296 gescreende records zijn 50 artikelen geïncludeerd op basis van de inclusiecriteria. Er was geen tweede selectie nodig om op maximaal 50 artikelen uit te komen, zoals bij Vraagstuk 1 en 2. Zeven artikelen zijn uiteindelijk niet gecodeerd, omdat de full-text niet beschikbaar was, of omdat het artikel toch niet voldeed aan de inclusiecriteria. De mapping- en reflectievragen zijn beantwoord op basis van de resterende 43 studies, waarvan 2 meta-analyses en 41 systematische reviews.



Figuur 13 PRISMA flowchart voor inclusie en selectie in vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

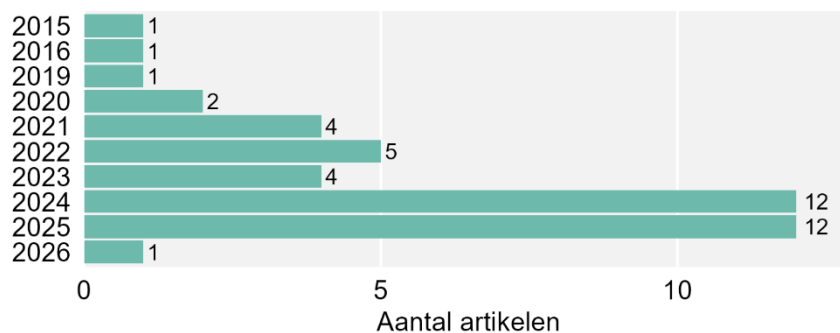
Figuur 14 geeft een overzicht van de verdeling naar sector en methodetype voor de uiteindelijke selectie (n = 43). Voor een deel van de studies was de sector niet eenduidig te

bepalen op basis van titel en abstract; deze zijn als 'onduidelijk' gecodeerd en niet meegeteld in de sectorkolommen.



Figuur 14 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren (inclusies, n = 43)

Figuur 15 toont de verdeling van de 43 gecodeerde studies naar publicatiejaar. Het corpus is sterk geconcentreerd in de meest recente jaren: 25 van de 43 studies (58%) zijn gepubliceerd in 2024 of 2025, wat wijst op een groeiende onderzoeksinteresse in digitale competenties van leraren. Vijf studies dateren van vóór 2020 en geven een beeld van de vroege theoretische en empirische basis van het veld, met name rond TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge; Mishra & Koehler, 2006) als dominant framework. De stijging na 2020 en de piek in 2024-2025 hangt mogelijk deels samen met verhoogde aandacht voor AI-integratie in het onderwijs en de nasleep van de digitale versnelling door COVID-19. De gecodeerde reviews en meta-analyses baseren zich op 13-360 studies (mediaan 31; gemiddelde 55). De meeste studies hebben een redelijke empirische basis hebben, met een uitschieter voor één studie over *computational thinking* die zich baseert op 360 artikelen.



Figuur 15 Aantal gepubliceerde reviews en meta-analyses per jaar in vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

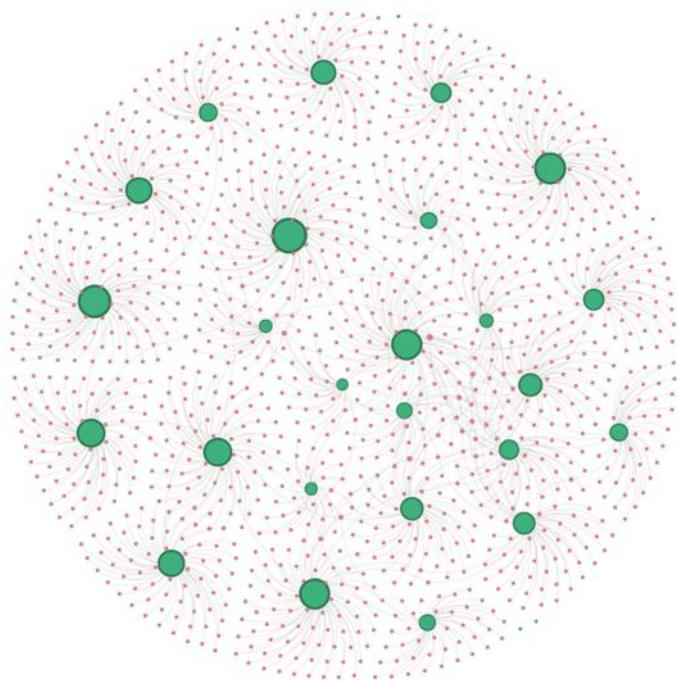
De meest voorkomende keywords (Figuur 16) laten zien dat de focus van het corpus ligt op *Technological Literacy* en *Faculty Development*, gevolgd door *Technology Uses in Education* en *Teacher Competencies*. Dit weerspiegelt de twee centrale vragen in het veld: wat digitale competentie voor leraren inhoudt, en hoe die ontwikkeld kan worden. *Higher Education* en

College Faculty zijn prominent aanwezig in de keywords, hoewel in de studies ook primair, en voortgezet onderwijs sterk vertegenwoordigd zijn.



Figuur 16 Meest voorkomende keywords in geïnccludeerde artikelen in vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

De **Lotka-exponent** (n) voor de documenten binnen dit vraagstuk is 2,791. Dit duidt op een hoge concentratie; een kleine groep experts domineert de literatuur.



Figuur 17 Citatienetwerk digitale competenties van leraren

Uit de bibliografische analyse van de documentenset komt de prominente rol van TPACK als theoretisch kader naar voren, ook al verschijnt de afkorting zelf minder als keyword.

M1 Welke inhoudelijk aspecten van het vraagstuk zijn onderzocht?

De centrale vraag van dit vraagstuk (welke digitale competenties leraren nodig hebben, in welke mate zij deze beheersen, en hoe die competenties ontwikkeld kunnen worden) komt in de beschikbare literatuur op drie manieren terug. We bespreken achtereenvolgens wat er bekend is over de conceptualisering van die competenties, over het niveau dat leraren beheersen, en over de effectiviteit van professionaliseringsactiviteiten.

Conceptualisering

Digitale competenties van leraren worden in de literatuur ook wel aangeduid als Professional Digital Competence (PDC) (4). Het gaat hierbij niet alleen om technologische vaardigheden, maar ook om (vak)didactische en pedagogische vaardigheden om technologie in het onderwijs in te zetten, en om de verwevenheid van die verschillende vaardigheden (zie bijv. 30). Een van de reviews vult daarbij twee categorieën aan waar competenties in kunnen worden ingedeeld: het kunnen gebruiken van technologie voor professionele ontwikkeling en het kunnen ontwikkelen van digitale competenties van studenten (43). Er zijn verschillende raamwerken die PDC conceptualiseren. TPACK is het meest gebruikte kader in de geïnccludeerde reviews (5, 8, 11, 17, 22, 23, 29, 30, 32, 38, 39) en fungeert vooral als analytisch model voor hoe leraren technologische, pedagogische en vakinhoudelijke kennis integreren. DigCompEdu en DigComp zijn minder breed vertegenwoordigd (6, 11, 19, 22, 23, 24). Tegelijkertijd wijzen meerdere reviews op de variatie en soms onduidelijkheid in definitie en operationalisering van digitale competenties van leraren (6, 11, 22). Zo is er geen universeel omarmde definitie van digitale competentie, worden bestaande meetinstrumenten vaak naar eigen contexten aangepast of er worden nieuwe meetinstrumenten ontwikkeld (6).

Deze conceptuele kaders sluiten niet altijd nauw aan bij de manier waarop digitale competenties in de praktijk worden gemeten (22). De meeste studies in de geïnccludeerde reviews leunen op zelfrapportage zoals vragenlijsten (1, 6, 22, 29, 40, 43), met vaak zelf ontworpen meetinstrumenten, waarvan niet altijd de betrouwbaarheid en validiteit worden gerapporteerd. Veel studies meten vooral het (begin)niveau van digitale competenties, zoals informatiegeletterdheid of het veilig en verantwoord gebruiken van technologie, en minder vaak de effecten van trainingen (19).

Niveau

Uit veel vragenlijstonderzoek in met name het voortgezet- en hoger onderwijs blijkt dat de digitale competenties van leraren niet altijd op peil zijn en aandacht behoeven (1, 10, 13, 16, 17, 20, 40, 41, 43). Leraren hebben bijvoorbeeld moeite om technologie met voldoende kennis en vertrouwen te gebruiken om het leren te versterken. Andere reviews geven aan dat er grote verschillen in competentieniveaus van leraren bestaan (32, 43). Dat kan voor een deel te verklaren zijn door de variatie in populatie en context (43). Het kan ook komen doordat auteurs op verschillende manieren beschrijven, operationaliseren en meten wat het precies inhoudt om digitaal competent te zijn en technologie op een pedagogisch-didactische manier in het onderwijs in te zetten, zoals het ontwerp van leeractiviteiten of leeromgevingen waarbij technologie waarde toevoegt (43).

Meerdere studies geven aan dat leraren over het algemeen de meerwaarde inzien van de inzet van technologie in het onderwijs (1, 9, 14, 17, 18, 25), met name als de instelling

daarvoor ondersteunende randvoorwaarden schept (1, 41). Sommige reviews concluderen dat self-efficacy en digitale competentie van leraren samenhangen (25) en elkaar wederzijds kunnen beïnvloeden (6). Twee andere reviews benadrukken dat *digital confidence* en *digital agency* in veel bronnen als belangrijke aspecten van digitale competentie worden genoemd, maar dat de precieze relatie ertoe niet eenduidig is (4, 25, 31). Bovendien geeft één review aan dat mannelijke leraren hogere digitale competenties rapporteren vanuit hun eigen perceptie (40), terwijl een andere review aangeeft dat meerdere studies aantonen dat vrouwen meer digitaal geletterd zijn (41). Deze beide reviews schrijven allebei dat jongere leraren (40: leraren met minder leservaring; 41: leraren onder de 40 jaar) zich digitaal kompetenter voelen.

Professionalisering

Uit een aantal reviews blijken de positieve effecten van professionaliseringsactiviteiten op de digitale competenties van leraren (9, 21, 26, 32). Zo leidde een training op basis van TPACK tot vooruitgang op onderdelen van dit model (32) en ook AI-training leidde tot een verhoogd gevoel van competentie onder leraren om AI in het onderwijs te integreren (9). Activiteiten in lerarenopleidingen om digitale competenties te versterken zijn vaak formeel en kortdurend van aard en worden soms online aangeboden (11). Opbrengsten van deze activiteiten zijn onder andere: meer technologiegebruik in de klas, betere technopedagogische vaardigheden van leraren en betere leerresultaten van leerlingen (11). Sectoraal richt het professionaliseringsonderzoek zich voornamelijk op VO en HO. PO is beperkt vertegenwoordigd en MBO is nagenoeg afwezig.

De meeste van de onderzochte professionaliseringsactiviteiten zijn kortdurend van aard, wat mogelijk effectief is voor specifieke vaardigheden, maar misschien nog onvoldoende voor duurzame ontwikkeling van brede digitale competentie (3). Meerdere reviews pleiten daarom voor doorlopende, brede professionele ontwikkelingsprogramma's, die rekening houden met het veelzijdige karakter van digitale competenties (19, 26, 30). Zo is er groeiende aandacht voor het integraal ontwikkelen van digitale competenties en niet alleen voor instrumentele vaardigheden (19, 33). Er zou volgens een review een verschuiving moeten plaatsvinden van eenmalige standaardtrainingen naar effectieve en gepersonaliseerde nascholing in het kader van continue professionele groei (26). Effectieve professionalisering op het gebied van digitale competenties vraagt ook om ondersteunend beleid en samenwerking bij het bevorderen van effectieve integratie van technologie in het onderwijs (30). In professionaliseringsactiviteiten onder leraren in het speciaal onderwijs moet er ook aandacht zijn voor adaptieve technologieën voor leerlingen met een beperking, en voor de toegankelijkheidsaspecten van tools (24). Ook op lerarenopleidingen zou meer aandacht moeten zijn voor de ontwikkeling van digitale competenties van leraren. Onderzoek dat zich specifiek richt op studenten in de lerarenopleiding geven aan dat ze technologie vaker theoretisch kennen dan toepassen in de eigen lespraktijk (8,18).

Computational thinking, AI-literacy en data literacy

Naast brede digitale competentie richten een aantal studies zich op specifieke deelvaardigheden. Drie studies richten zich specifiek op *computational thinking* (CT) als lerarencompetentie (3, 12, 15). CT-professionalisering voor leraren verschilt wezenlijk van CT-onderwijs aan leerlingen: de focus ligt op het begrijpen van CT als concept en het kunnen integreren in vakonderwijs, niet op het zelf beheersen van programmeertalen (15).

Robotica-activiteiten en visual programming-omgevingen zoals Scratch vergroten het begrip van CT bij leraren en bevorderen een positievere houding tegenover integratie in de lespraktijk (12). Langdurigere trajecten met mentoring en klassenimplementatie zijn effectiever dan kortdurende workshops (3).

Drie studies (7, 9, 17) richten zich op wat leraren moeten kennen en kunnen om AI verantwoord in te zetten. Vereiste competenties omvatten technische basiskennis, pedagogische aanpassing van werkvormen en ethisch bewustzijn (7). Leraren zijn overwegend optimistisch over AI-integratie maar voelen zich onvoldoende voorbereid; gebrek aan training, beperkte infrastructuur en ethische zorgen zijn de meest genoemde barrières (7, 9). Perceptie en intentie om AI in te zetten worden daarbij beïnvloed door factoren zoals digitale geletterdheid, self-efficacy en eerdere ervaring met technologie (9). Leraren die technologische, pedagogische en vakinhoudelijke kennis weten te integreren (TPACK), een gevoel van autonomie hebben in hun lespraktijk en positief staan tegenover AI, slagen er beter in AI succesvol te integreren (17). De snelle technologische ontwikkeling maakt dat trainingen echter snel verouderen.

Ten slotte behandelen twee studies *data literacy* als lerarencompetentie: het vermogen van leraren om leerlingdata te interpreteren en te benutten voor instructiebeslissingen. De enige meta-analyse in dit cluster laat zien dat *data literacy* training positieve effecten heeft op kennis en vaardigheden van leraren ($g = 0,67$) en op hun overtuigingen ($g = 0,48$); collaboratieve trainingsformats versterken dit effect (34). De nadruk in bestaande trainingen ligt echter te sterk op technisch-instrumentele vaardigheden en te weinig op kritische en ethische dimensies van datafificatie (37).

M2 In welke sectoren is het vraagstuk onderzocht?

Het hoger onderwijs en het voortgezet onderwijs zijn het meest vertegenwoordigd in de selectie, met elk 18 studies. Het primair onderwijs komt voor in 16 studies. MBO is met slechts 1 studie vrijwel afwezig, een structurele blinde vlek die des te opvallender is omdat juist in het MBO de vraag naar digitale competentie van leraren urgent is door de sterke beroepsgerichtheid van het onderwijs en de snelle technologische verandering in de sectoren waarvoor wordt opgeleid.

Een deel van de studies richt zich op leraren in opleiding (pre-service teachers). Twee studies hebben dit als primaire focus (8, 18); in een aantal andere studies vormen student-leraren een deel van de onderzoekspopulatie (6, 11, 22, 23). De bevindingen voor pre-service en in-service leraren worden in het corpus zelden uitgesplitst, waardoor gerichte uitspraken over implicaties voor de lerarenopleiding versus professionalisering van leraren in de praktijk beperkt mogelijk zijn.

M3 In welke landen/stelsels is het vraagstuk onderzocht?

Alle 43 gecodeerde studies zijn reviews van internationale literatuur en baseren zich op primaire studies uit meerdere landen. De onderzoekers die deze reviews produceren is echter geografisch sterk geconcentreerd: meerdere studies noemen Spanje expliciet als dominant land van herkomst van de onderliggende primaire studies (10, 13, 16, 19, 22, 33).

Dit heeft implicaties voor de generaliseerbaarheid: hoewel het onderzoek een Europese oorsprong heeft en daardoor beter aansluit bij de Nederlandse beleidscontext dan onderzoek uit andere werelddelen, zijn de meetinstrumenten en operationalisering grotendeels ontwikkeld en gevalideerd in de Spaanse onderwijspraktijk. Het Nederlandse stelsel kenmerkt zich door meer schoolautonomie en bottom-up professionalisering dan Spanje⁸. De overdraagbaarheid van specifieke bevindingen naar Nederland is daarmee niet vanzelfsprekend.

M4–M5 Aan de hand van welk soort onderzoeksvragen en met welke methodologie is het vraagstuk onderzocht?

Alle 43 gecodeerde studies zijn literatuurstudies: 41 systematische of scoping reviews (95%) en 2 meta-analyses (5%). De overgrote meerderheid stelt beschrijvende onderzoeksvragen (93%); verkennende vragen komen voor in 21% van de studies, verklarende in 12% en toetsende in slechts 2%. Het onderzoeksveld lijkt zich dus methodologisch in een inventariserende fase te bevinden.

Het kleine aantal meta-analyses heeft directe gevolgen voor de zeggingskracht van de bevindingen. Over effectgroottes van professionaliseringsinterventies is slechts beperkt kwantitatief bewijs beschikbaar. De enige meta-analyse met een effectgrootte betreft *data literacy* training (34). Of professionalisering in brede zin leidt tot aantoonbare gedragsverandering in de klas en meetbare leerwinst bij leerlingen kan op basis van deze selectie dus niet worden geconcludeerd. Daarnaast heeft zelfrapportage de overhand in de onderliggende primaire studies: objectieve metingen van daadwerkelijke competenties en gedrag ontbreken vrijwel volledig.

M6 In welk soort bronnen zijn resultaten gepubliceerd?

Alle 43 gecodeerde studies zijn gepubliceerd in peer-reviewed tijdschriften. Grijze literatuur, conferentiebijdragen en beleidsrapporten zijn niet geïncludeerd.

Reflectievragen

R1 In welke mate dekken de onderzochte aspecten het vraagstuk zoals omschreven? Welke aspecten, sectoren lijken wel/niet onderzocht?

Het vraagstuk zoals omschreven richt zich op het structureel ontwikkelen en borgen van digitale competenties van onderwijsprofessionals op microniveau (de individuele leraar), mesoniveau (de school als organisatie) en macroniveau (het stelsel en beleid). Het corpus dekt het microniveau redelijk af: in onderzoek zijn conceptualisering van de vaardigheden, het behaalde niveau en professionalisering van individuele leraren elk vertegenwoordigd, hoewel het empirisch bewijs voor de effectiviteit van professionaliseringsinterventies beperkt is. De dekking van het meso- en macroniveau is echter vrijwel nihil.

⁸ Het Nederlandse stelsel kenmerkt zich door meer schoolautonomie en bottom-up professionalisering dan het Spaanse, waardoor aanbevelingen over gestandaardiseerde competentiekaders en gecentraliseerde trainingen niet zonder meer toepasbaar zijn.

Vragen die spelen op schoolniveau, zoals hoe scholen professionalisering structureel organiseren en wat daarvoor nodig is (zoals een schoolvisie of leiderschap) worden in geselecteerde studies nauwelijks als primaire onderzoeksvraag gesteld. Wellicht ook daarom komen studies naar digitale competenties van bijvoorbeeld leidinggevendend nauwelijks voor. In (23) heeft één van de geïncludeerde studies ook schoolleiders meegenomen. In (30) wordt de rol van de educational leader benadrukt maar niet expliciet geanalyseerd. Stelselvragen over de rol van lerarenopleidingen en landelijke professionaliseringsvoorzieningen ontbreken eveneens. Een groot aantal studies (zie bv 2, 3, 5, 8, 10 en 30) noemen institutionele ondersteuning als belangrijke voorwaarde voor succes, maar onderzoeken het niet expliciet. Dit is een opvallende discrepantie: de praktijk signaleert dat borging op school- en stelselniveau de kritische factor is, maar het onderzoek blijft steken op het niveau van individuele leraren.

R2 In welke mate passen de soort onderzoeksvragen en gekozen methodologieën bij het vraagstuk zoals omschreven?

Ten eerste domineert zelfrapportage, (3) geeft aan dat het merendeel van de 76 onderzochte studies maar één meetmethode (zelfrapportage) toepast. Vrijwel alle studies meten digitale competentie via vragenlijsten waarbij leraren hun eigen niveau inschatten. Objectieve prestatietingen zijn zeldzaam. Dit betekent dat het besproken onderzoek primair meet wat leraren *denken* dat ze kunnen, niet wat ze kunnen en daadwerkelijk doen in de lespraktijk.

Ten tweede is longitudinaal onderzoek vrijwel afwezig. In (3) was het overgrote deel van de 20 empirische studies cross-sectioneel (gebaseerd op een eenmalige dataverzameling). In (6) is 87% van de studies (=104) cross-sectioneel versus 7% longitudinaal. Effecten van professionalisering worden bijna uitsluitend gemeten direct na een interventie. Of opgedane kennis en vaardigheden, als die al zijn toegenomen door professionalisering, beklijven en leiden tot duurzame gedragsverandering in de klas, valt uit dit corpus niet te concluderen.

Ten derde sluit de methodologische opzet van het corpus met vrijwel uitsluitend beschrijvende reviews niet goed aan bij de kern van het vraagstuk. Onderzoekers (4, 6, 37) dringen aan op kwalitatieve en gemengde methoden (zoals casestudies en klasobservaties), designbased research en aandacht voor het hele systeem. Borging op school- en stelselniveau vraagt om implementatieonderzoek, beleidsevaluatie en longitudinale studies. Die typen onderzoek zijn in dit corpus nagenoeg afwezig, wat de kloof tussen wat het vraagstuk vraagt en wat het beschikbare onderzoek levert groter maakt.

R3 Wat zijn de implicaties voor nieuw onderzoek, kennisdeling en innovatie?

De besproken kennislacunes bieden concrete aanknopingspunten voor verder onderzoek:

1. Een van de onderzoeksprioriteiten is onderzoek naar de **duurzaamheid en borging** van digitale competentie. Of professionaliseringstrajecten leiden tot blijvende gedragsverandering in de lespraktijk en aantoonbare leerwinst bij leerlingen is nog onbekend (19, 29, 37). Dit vraagt om **longitudinaal onderzoek** dat verder kijkt dan de directe effecten van een interventie, om kwalitatieve en gemengde onderzoeksmethoden en om onderzoek op school- en stelselniveau.

2. De **context van het MBO** verdient een gerichte onderzoeksagenda. De digitale transformatie van het beroepsonderwijs stelt specifieke eisen aan leraren die fundamenteel verschillen van die in het algemeen vormend onderwijs; het ontbreken van empirisch bewijs hiervoor is een duidelijke lacune.
3. **Objectieve meting van digitale competenties** is eveneens een prioriteit. Het veld steunt op zelfrapportage en er is behoefte aan gevalideerde instrumenten die gedrag en prestaties meten (29, 32, 36), waarbij het van belang is dat we ook weten dat ze in de Nederlandse context werken.
4. **AI-literacy als lerarencompetentie** vraagt om specifiek interventieonderzoek. Waar huidige studies voornamelijk inventariseren welke eindtermen nodig zijn (9, 33), ontbreekt het aan empirisch bewijs over effectieve professionaliseringsstrategieën. Juist omdat de technologische ontwikkelingen elkaar opvolgen, is er behoefte aan robuuste, vakdidactische principes die leraren wendbaar maken, in plaats van ad-hoc instructies bij nieuwe tools.
5. Aandacht voor de **rol van andere onderwijsprofessionals** zoals schoolleiders, leidinggevenden is relevant bij vervolgonderzoek. Hun rol bij de digitale transformatie wordt in de gevonden literatuur weliswaar beschreven, maar hun digitale competenties worden niet of nauwelijks onderzocht.

Bijlage Search

Tabel 2 Aantal gevonden artikelen per zoekmachine

	ERIC	Scopus	Totaal
Deelvraag 1	299	476	775
Deelvraag 2	206	239	445
Deelvraag 3	174	167	341
Totaal	679	882	1.561

Datum: 27 januari 2026

Deelvraag 1: Digitale transformatie van het onderwijs met aanwezigheid AI

ERIC (Ovid, 1965 to December 2025)

1. artificial intelligence/ OR (LLM* OR large language model* OR largelanguagemodel* OR chatgpt* OR artificial intelligence OR AI OR genAI OR AIed OR edAI OR dialogue tool* OR dialogue support tool* OR (conversational ADJ3 agent*) OR intelligent agent* OR intelligent tutor* system*). ti, ab,id.
2. (elementary secondary education OR grade 1 OR grade 2 OR grade 3 OR grade 4 OR grade 5 OR grade 6 OR grade 7 OR grade 8 OR grade 9 OR grade 10 OR grade 11 OR grade 12 OR elementary education OR primary education OR intermediate grades OR middle schools OR junior high schools OR secondary education OR high schools OR two year colleges OR higher education OR postsecondary education).el. OR elementary secondary education/ OR grade 1/ OR grade 2/ OR grade 3/ OR grade 4/ OR grade 5/ OR grade 6/ OR grade 7/ OR grade 8/ OR grade 9/ OR grade 10/ OR grade 11/ OR grade 12/ OR elementary school students/ OR middle school students/ OR junior high school students/ OR secondary school students/ OR high school students/ OR vocational education/ OR vocational schools/ OR industrial education/ OR "trade and industrial education"/ OR technical education/ OR college students/ OR colleges/ OR two year college students/ OR undergraduate students/ OR undergraduate study/ OR graduate students/ OR graduate study/ OR college faculty/ OR college instruction/ OR masters programs/ OR college programs/ OR universities/ OR (elementary education OR elementary school* OR primary education OR primary school* OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR grade 1 OR grade one OR 2nd-grade* OR second-grade* OR grade 2 OR grade two OR 3rd-grade* OR third-grade* OR grade 3 OR grade three OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR grade 4 OR grade four OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR grade 5 OR grade five OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR grade 6 OR grade six OR intermediate general

OR middle school* OR secondary education OR secondary school* OR 7th-grade* OR seventh-grade* OR grade 7 OR grade seven OR 8th-grade* OR eight-grade* OR grade 8 OR grade eight OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR grade 9 OR grade nine OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR grade 10 OR grade ten OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR grade 11 OR grade eleven OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR grade 12 OR grade twelve OR junior high* OR highschool* OR high school* OR pupil* OR learner* OR student* OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR industrial education OR industrial training OR labor market program* OR labour market program* OR occupation* education OR occupation* program* OR occupation* training OR senior secondary education OR technical cent* OR technical course* OR technical education OR technical program* OR technical qualification* OR technical school* OR technical stud* OR technical training OR technician education OR trades training OR trade? education OR TVET OR VET OR (vocational ADJ3 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR further education OR college* OR undergrad* OR tertiary education OR tertiary school* OR postsecondary OR post-secondary OR universit* OR higher education OR freshm*n OR sophomore* OR academic edu* OR academic institution*).ti,ab,id.

3. meta-analysis/ OR (metaanaly* OR meta-analy* OR systematic review* OR scoping review* OR rapid review? OR evidence map* OR mapping review* OR umbrella review*).ti,ab,id.
4. 1 AND 2 AND 3
5. Limit 4 to peer reviewed

Key: / = subject heading, el = educational level, ti = title, ab = abstract, id = key concepts (other keywords added by ERIC indexers to supplement the subject headings), ADJn = word distance of maximum n words (in any order) ADJ = words next to each other (in that specific order), * = unlimited number of characters, ? = 0-1 number of characters

Scopus (1788-2026)

(TITLE-ABS(LLM* OR "large language model*" OR largelanguagemodel* OR chatgpt* OR "artificial intelligence" OR AI OR genAI OR AIed OR edAI OR "dialogue tool*" OR "dialogue support tool*" OR (conversational W/2 agent*) OR "intelligent agent*" OR "intelligent tutor* system*") OR AUTHKEY(LLM* OR "large language model*" OR largelanguagemodel* OR chatgpt* OR "artificial intelligence" OR AI OR genAI OR AIed OR edAI OR "dialogue tool*" OR "dialogue support tool*" OR (conversational W/2 agent*) OR "intelligent agent*" OR "intelligent tutor* system*")) AND (TITLE-ABS("elementary education" OR "elementary school*" OR "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade* OR "grade 2" OR "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade three" OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR "grade 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6" OR "grade six" OR "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education" OR "secondary school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade seven" OR 8th-grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade 10" OR "grade ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven" OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR highschool* OR "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*)

AND (school* OR educ* OR learning)) OR "industrial education" OR "industrial training"
 OR "labor market program*" OR "labour market program*" OR "occupation* education"
 OR "occupation* program*" OR "occupation* training" OR "senior secondary education"
 OR "technical cent*" OR "technical course*" OR "technical education" OR "technical
 program*" OR "technical qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR
 "technical training" OR "technician education" OR "trades training" OR "trade education"
 OR "trades education" OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education*
 OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college*
 OR undergrad* OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-
 secondary OR universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "
 academic edu*" OR "academic institution*") OR AUTHKEY("elementary education" OR
 "elementary school*" OR "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR
 1st-grade* OR first-grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade*
 OR "grade 2" OR "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade
 three" OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR
 fifth-grade* OR "grade 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6"
 OR "grade six" OR "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education"
 OR "secondary school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade
 seven" OR 8th-grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR
 ninth-grade* OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade
 10" OR "grade ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven"
 OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR
 highschool* OR "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school*
 OR educ* OR learning)) OR "industrial education" OR "industrial training" OR "labor
 market program*" OR "labour market program*" OR "occupation* education" OR
 "occupation* program*" OR "occupation* training" OR "senior secondary education" OR
 "technical cent*" OR "technical course*" OR "technical education" OR "technical
 program*" OR "technical qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR
 "technical training" OR "technician education" OR "trades training" OR "trade education"
 OR "trades education" OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education*
 OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college*
 OR undergrad* OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-
 secondary OR universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "
 academic edu*" OR "academic institution*") AND (TITLE-ABS(metaanaly* OR meta-
 analy* OR "systematic review*" OR "scoping review*" OR "rapid review" OR "rapid
 reviews" OR "evidence map*" OR "mapping review*" OR "umbrella review*") OR
 AUTHKEY(metaanaly* OR meta-analy* OR "systematic review*" OR "scoping review*" OR
 "rapid review" OR "rapid reviews" OR "evidence map*" OR "mapping review*" OR
 "umbrella review*")) AND DOCTYPE(ar)

Key: TITLE-ABS: TITLE = title, ABS = abstract, AUTHKEY = author supplied keywords,
 DOCTYPE = document type, ar = articles, W/n = word distance of maximum n words

Deelvraag 2: Digital literacy and digital divide

ERIC (Ovid, 1965 to December 2025)

1. media literacy/ OR digital literacy/ OR information literacy/ OR ((media ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital ADJ3 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online ADJ3 (competenc* OR skill*)) OR ICT* literacy OR ICT* skill* OR (information ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR ((artificial intelligence OR AI) ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR computational thinking).ti,ab,id.
2. students/ OR elementary school students/ OR middle school students/ OR junior high school students/ OR secondary school students/ OR high school students/ OR college students/ OR two year college students/ OR undergraduate students/ OR graduate students/ OR (student* OR learner* OR pupil* OR curricul*).ti,ab,id.
3. (elementary secondary education OR grade 1 OR grade 2 OR grade 3 OR grade 4 OR grade 5 OR grade 6 OR grade 7 OR grade 8 OR grade 9 OR grade 10 OR grade 11 OR grade 12 OR elementary education OR primary education OR intermediate grades OR middle schools OR junior high schools OR secondary education OR high schools OR two year colleges OR higher education OR postsecondary education).el. OR elementary secondary education/ OR grade 1/ OR grade 2/ OR grade 3/ OR grade 4/ OR grade 5/ OR grade 6/ OR grade 7/ OR grade 8/ OR grade 9/ OR grade 10/ OR grade 11/ OR grade 12/ OR elementary school students/ OR middle school students/ OR junior high school students/ OR secondary school students/ OR high school students/ OR vocational education/ OR vocational schools/ OR industrial education/ OR "trade and industrial education"/ OR technical education/ OR college students/ OR colleges/ OR two year college students/ OR undergraduate students/ OR undergraduate study/ OR graduate students/ OR graduate study/ OR college faculty/ OR college instruction/ OR masters programs/ OR college programs/ OR universities/ OR (elementary education OR elementary school* OR primary education OR primary school* OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR grade 1 OR grade one OR 2nd-grade* OR second-grade* OR grade 2 OR grade two OR 3rd-grade* OR third-grade* OR grade 3 OR grade three OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR grade 4 OR grade four OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR grade 5 OR grade five OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR grade 6 OR grade six OR intermediate general OR middle school* OR secondary education OR secondary school* OR 7th-grade* OR seventh-grade* OR grade 7 OR grade seven OR 8th-grade* OR eight-grade* OR grade 8 OR grade eight OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR grade 9 OR grade nine OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR grade 10 OR grade ten OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR grade 11 OR grade eleven OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR grade 12 OR grade twelve OR junior high* OR highschool* OR high school* OR pupil* OR learner* OR student* OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR industrial education OR industrial training OR labor market program* OR labour market program* OR occupation* education OR occupation* program* OR occupation* training OR senior secondary education OR technical cent* OR technical course* OR technical education OR technical program* OR technical qualification* OR technical school* OR technical stud* OR technical training OR technician education OR trades training OR trade? education OR TVET OR VET OR (vocational ADJ3 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR further education OR college* OR undergrad* OR tertiary education OR tertiary school* OR postsecondary

- OR post-secondary OR universit* OR higher education OR freshm*n OR sophomore* OR academic edu* OR academic institution*).ti,ab,id.
4. meta analysis/ OR (metaanaly* OR meta-analy* OR systematic review* OR scoping review* OR rapid review? OR evidence map* OR mapping review* OR umbrella review*).ti,ab,id.
 5. 1 AND 2 AND 3 AND 4
 6. Limit 5 to peer reviewed

Key: / = subject heading, el = educational level, ti = title, ab = abstract, id = key concepts (other keywords added by ERIC indexers to supplement the subject headings), ADJn = word distance of maximum n words (in any order) ADJ = words next to each other (in that specific order), * = unlimited number of characters, ? = 0-1 number of characters

Scopus (1788-2026)

(TITLE-ABS((media W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital W/2 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online W/2 (competenc* OR skill*)) OR "ICT* literacy" OR "ICT* skill*" OR (information W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (("artificial intelligence" OR AI) W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR "computational thinking") OR AUTHKEY((media W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital W/2 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online W/2 (competenc* OR skill*)) OR "ICT* literacy" OR "ICT* skill*" OR (information W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (("artificial intelligence" OR AI) W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR "computational thinking"))) AND (TITLE-ABS(student* OR learner* OR pupil* OR curricul*) OR AUTHKEY(student* OR learner* OR pupil* OR curricul*)) AND (TITLE-ABS("elementary education" OR "elementary school*" OR "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade* OR "grade 2" OR "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade three" OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR "grade 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6" OR "grade six" OR "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education" OR "secondary school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade seven" OR 8th-grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade 10" OR "grade ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven" OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR highschool* OR "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR "industrial education" OR "industrial training" OR "labor market program*" OR "labour market program*" OR "occupation* education" OR "occupation* program*" OR "occupation* training" OR "senior secondary education" OR "technical cent*" OR "technical course*" OR "technical education" OR "technical program*" OR "technical qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR "technical training" OR "technician education" OR "trades training" OR "trade education" OR "trades education" OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college* OR undergrad* OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-secondary OR

universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "academic edu*" OR
 "academic institution*") OR AUTHKEY("elementary education" OR "elementary school*" OR
 "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-
 grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade* OR "grade 2" OR
 "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade three" OR 4th-grade*
 OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR "grade
 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6" OR "grade six" OR
 "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education" OR "secondary
 school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade seven" OR 8th-
 grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR ninth-grade*
 OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade 10" OR "grade
 ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven" OR 12th-grade*
 OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR highschool* OR
 "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR
 learning)) OR "industrial education" OR "industrial training" OR "labor market program*" OR
 "labour market program*" OR "occupation* education" OR "occupation* program*" OR
 "occupation* training" OR "senior secondary education" OR "technical cent*" OR
 "technical course*" OR "technical education" OR "technical program*" OR "technical
 qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR "technical training" OR
 "technician education" OR "trades training" OR "trade education" OR "trades education"
 OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education* OR school* OR
 institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college* OR undergrad*
 OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-secondary OR
 universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "academic edu*" OR
 "academic institution*")) AND (TITLE-ABS(metaanaly* OR meta-analy* OR "systematic
 review*" OR "scoping review*" OR "rapid review" OR "rapid reviews" OR "evidence map*" OR
 "mapping review*" OR "umbrella review*") OR AUTHKEY(metaanaly* OR meta-analy* OR
 "systematic review*" OR "scoping review*" OR "rapid review" OR "rapid reviews" OR
 "evidence map*" OR "mapping review*" OR "umbrella review*")) AND DOCTYPE(ar)

Key: TITLE-ABS: TITLE = title, ABS = abstract, AUTHKEY = author supplied keywords,
 DOCTYPE = document type, ar = articles, W/n = word distance of maximum n words

Deelvraag 3: digitale competenties onderwijsprofessionals

ERIC (Ovid, 1965 to December 2025)

1. media literacy/ OR digital literacy/ OR information literacy/ OR technological literacy/ OR ((media ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital ADJ3 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online ADJ3 (competenc* OR skill*)) OR ICT* literacy OR ICT* skill* OR (information ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR ((artificial intelligence OR AI) ADJ3 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR computational thinking OR technological literacy OR ICT integrat* OR TPACK OR digital pedagog* OR teaching with technology OR digital agency).ti,ab,id.
2. teachers/ OR elementary school teachers/ OR public school teachers/ OR middle school teachers/ OR secondary school teachers/ OR junior high school teachers/ OR vocational education teachers/ OR (teacher* OR educator* OR lecturer* OR staff OR personnel).ti,ab,id.
3. (elementary secondary education OR grade 1 OR grade 2 OR grade 3 OR grade 4 OR grade 5 OR grade 6 OR grade 7 OR grade 8 OR grade 9 OR grade 10 OR grade 11 OR grade 12 OR elementary education OR primary education OR intermediate grades OR middle schools OR junior high schools OR secondary education OR high schools OR two year colleges OR higher education OR postsecondary education).el. OR elementary secondary education/ OR grade 1/ OR grade 2/ OR grade 3/ OR grade 4/ OR grade 5/ OR grade 6/ OR grade 7/ OR grade 8/ OR grade 9/ OR grade 10/ OR grade 11/ OR grade 12/ OR elementary school students/ OR middle school students/ OR junior high school students/ OR secondary school students/ OR high school students/ OR vocational education/ OR vocational schools/ OR industrial education/ OR "trade and industrial education"/ OR technical education/ OR college students/ OR colleges/ OR two year college students/ OR undergraduate students/ OR undergraduate study/ OR graduate students/ OR graduate study/ OR college faculty/ OR college instruction/ OR masters programs/ OR college programs/ OR universities/ OR (elementary education OR elementary school* OR primary education OR primary school* OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR grade 1 OR grade one OR 2nd-grade* OR second-grade* OR grade 2 OR grade two OR 3rd-grade* OR third-grade* OR grade 3 OR grade three OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR grade 4 OR grade four OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR grade 5 OR grade five OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR grade 6 OR grade six OR intermediate general OR middle school* OR secondary education OR secondary school* OR 7th-grade* OR seventh-grade* OR grade 7 OR grade seven OR 8th-grade* OR eight-grade* OR grade 8 OR grade eight OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR grade 9 OR grade nine OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR grade 10 OR grade ten OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR grade 11 OR grade eleven OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR grade 12 OR grade twelve OR junior high* OR highschool* OR high school* OR pupil* OR learner* OR student* OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR industrial education OR industrial training OR labor market program* OR labour market program* OR occupation* education OR occupation* program* OR occupation* training OR senior secondary education OR technical cent* OR technical course* OR technical education OR technical program* OR technical qualification* OR technical school* OR technical stud* OR technical training OR technician education OR trades training OR trade? education OR TVET OR VET OR (vocational ADJ3 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR further education

- OR college* OR undergrad* OR tertiary education OR tertiary school* OR postsecondary OR post-secondary OR universit* OR higher education OR freshm*n OR sophomore* OR academic edu* OR academic institution*).ti,ab,id.
4. meta analysis/ OR (metaanaly* OR meta-analy* OR systematic review* OR scoping review* OR rapid review? OR evidence map* OR mapping review* OR umbrella review*).ti,ab,id.
 5. 1 AND 2 AND 3 AND 4
 6. Limit 5 to peer reviewed

Key: / = subject heading, el = educational level, ti = title, ab = abstract, id = key concepts (other keywords added by ERIC indexers to supplement the subject headings), ADJn = word distance of maximum n words (in any order) ADJ = words next to each other (in that specific order), * = unlimited number of characters, ? = 0-1 number of characters

Scopus (1788-2026)

(TITLE-ABS((media W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital W/2 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online W/2 (competenc* OR skill*)) OR "ICT* literacy" OR "ICT* skill*" OR (information W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (("artificial intelligence" OR AI) W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR "computational thinking" OR "technological literacy" OR "ICT intergrat*" OR TPACK OR "digital pedagog*" OR "teaching with technology" OR "digital agency")) OR AUTHKEY((media W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (digital W/2 (literacy OR divide OR competenc* OR skill* OR citizen* OR equality OR inequality)) OR (online W/2 (competenc* OR skill*)) OR "ICT* literacy" OR "ICT* skill*" OR (information W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR (("artificial intelligence" OR AI) W/2 (literacy OR competenc* OR skill*)) OR "computational thinking" OR "technological literacy" OR "ICT intergrat*" OR TPACK OR "digital pedagog*" OR "teaching with technology" OR "digital agency"))) AND (TITLE-ABS((teacher* OR educator* OR lecturer* OR staff OR personnel)) OR AUTHKEY((teacher* OR educator* OR lecturer* OR staff OR personnel))) AND (TITLE-ABS("elementary education" OR "elementary school*" OR "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade* OR "grade 2" OR "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade three" OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR "grade 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6" OR "grade six" OR "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education" OR "secondary school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade seven" OR 8th-grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade 10" OR "grade ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven" OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR highschool* OR "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR "industrial education" OR "industrial training" OR "labor market program*" OR "labour market program*" OR "occupation* education" OR "occupation* program*" OR "occupation* training" OR "senior secondary education" OR "technical cent*" OR "technical course*" OR "technical education" OR "technical program*" OR "technical qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR "technical training" OR

"technician education" OR "trades training" OR "trade education" OR "trades education" OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college* OR undergrad* OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-secondary OR universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "academic edu*" OR "academic institution*") OR AUTHKEY("elementary education" OR "elementary school*" OR "primary education" OR "primary school*" OR K-12* OR K12 OR 1st-grade* OR first-grade* OR "grade 1" OR "grade one" OR 2nd-grade* OR second-grade* OR "grade 2" OR "grade two" OR 3rd-grade* OR third-grade* OR "grade 3" OR "grade three" OR 4th-grade* OR fourth-grade* OR "grade 4" OR "grade four" OR 5th-grade* OR fifth-grade* OR "grade 5" OR "grade five" OR 6th-grade* OR sixth-grade* OR "grade 6" OR "grade six" OR "intermediate general" OR "middle school*" OR "secondary education" OR "secondary school*" OR "7th-grade*" OR "seventh-grade*" OR "grade 7" OR "grade seven" OR 8th-grade* OR eight-grade* OR "grade 8" OR "grade eight" OR 9th-grade* OR ninth-grade* OR "grade 9" OR "grade nine" OR 10th-grade* OR tenth-grade* OR "grade 10" OR "grade ten" OR 11th-grade* OR eleventh-grade* OR "grade 11" OR "grade eleven" OR 12th-grade* OR twelfth-grade* OR "grade 12" OR "grade twelve" OR "junior high*" OR highschool* OR "high school*" OR ((child* OR adolesc* OR youth* OR teen*) AND (school* OR educ* OR learning)) OR "industrial education" OR "industrial training" OR "labor market program*" OR "labour market program*" OR "occupation* education" OR "occupation* program*" OR "occupation* training" OR "senior secondary education" OR "technical cent*" OR "technical course*" OR "technical education" OR "technical program*" OR "technical qualification*" OR "technical school*" OR "technical stud*" OR "technical training" OR "technician education" OR "trades training" OR "trade education" OR "trades education" OR "TVET" OR "VET" OR (vocational W/2 (training OR education* OR school* OR institution* OR college* OR program*)) OR "further education" OR college* OR undergrad* OR "tertiary education" OR "tertiary school*" OR postsecondary OR post-secondary OR universit* OR "higher education" OR freshm*n OR sophomore* OR "academic edu*" OR "academic institution*")) AND (TITLE-ABS(metaanaly* OR meta-analy* OR "systematic review*" OR "scoping review*" OR "rapid review" OR "rapid reviews" OR "evidence map*" OR "mapping review*" OR "umbrella review*")) OR AUTHKEY(metaanaly* OR meta-analy* OR "systematic review*" OR "scoping review*" OR "rapid review" OR "rapid reviews" OR "evidence map*" OR "mapping review*" OR "umbrella review*")) AND DOCTYPE(ar)

Key: TITLE-ABS: TITLE = title, ABS = abstract, AUTHKEY = author supplied keywords, DOCTYPE = document type, ar = articles, W/n = word distance of maximum n words

Bijlage Literatuurlijst

Vraagstuk 1: AI

Onderstaande 41 studies vormen de empirische basis voor de mapping- en reflectievragen van vraagstuk 1.

1. Mo, F., Huang, J., Yang, Y., Ozen, Z., Maeda, Y., & Olenchak, F. R. (2026). Undergraduate students' learning outcomes with ChatGPT: A meta-analytic study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 10, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100536>
2. Torres, P. J., & Kahveci, Y. E. (2025). Effectiveness of Artificial Intelligence (AI) in language teaching. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 9, 100522. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100522>
3. Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2025). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education*, 227, 105224. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105224>
4. Xu, Z., Wijekumar, K., Ramirez, G., Hu, X., & Irey, R. (2019). The effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' reading comprehension: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3119–3137. <https://doi.org/10.1111/bjet.12758>
5. Fahd, K., Venkatraman, S., Miah, S. J., & Ahmed, K. (2022). Application of machine learning in higher education to assess student academic performance, at-risk, and attrition: A meta-analysis of literature. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3743–3775 <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10741-7>
6. Tian, Q., & Zheng, X. (2025). The impact of artificial intelligence on students' 4C skills: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 49, 100728. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100728>
7. Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., Lin, T. J., & Chiu, T. K. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00468-z>
8. Fu, Y., & Weng, Z. (2024). Navigating the ethical terrain of AI in education: A systematic review on framing responsible human-centered AI practices. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 7, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100306>
9. Papadopoulos, I., Lazzarino, R., Miah, S., Weaver, T., Thomas, B., & Koulouglioti, C. (2020). A systematic review of the literature regarding socially assistive robots in pre-tertiary education. *Computers & Education*, 155, 103924. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103924>
10. Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review. *Smart Learning Environments*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7>

11. Lin, C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>
12. Wu, R., & Yu, Z. (2023). Do AI chatbots improve students learning outcomes? Evidence from a meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 55(1), 10–33. <https://doi.org/10.1111/bjet.13334>
13. Prinsloo, P., Slade, S., & Khalil, M. (2023). Multimodal learning analytics—In-between student privacy and encroachment: A systematic review. *British Journal of Educational Technology*, 54(6), 1566–1586. <https://doi.org/10.1111/bjet.13373>
14. Gladstone, J. R., Schroeder, N. L., Heidig, S., Zhang, S., Palaguachi, C., & Pitera, M. (2025). Do pedagogical agents enhance student motivation? Unraveling the evidence through Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 37(3). <https://doi.org/10.1007/s10648-025-10050-2>
15. Putnikovic, M., & Jovanovic, J. (2023). Embeddings for automatic short answer grading: A scoping review. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(2), 219–231. <https://doi.org/10.1109/tlt.2023.3253071>
16. Zhu, Y., Liu, Q., & Zhao, L. (2025). Exploring the impact of generative artificial intelligence on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 30(11), 16211–16239. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13420-z>
17. Voultsiou, E., & Moussiades, L. (2025). A systematic review of AI, VR, and LLM applications in special education: Opportunities, challenges, and future directions. *Education and Information Technologies*, 30(13), 19141–19181. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13550-4>
18. Rodrigues, L., Pereira, F.D., Marinho, M. et al. Mathematics intelligent tutoring systems with handwritten input: a scoping review. *Educ Inf Technol* 29, 11183–11209 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12245-y>
19. Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2022). Recent advances in Predictive Learning Analytics: A decade systematic review (2012–2022). *Education and Information Technologies*, 28(7), 8299–8333. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11536-0>
20. Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: A systematic review. *Studies in Science Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>
21. Sottolare, R. A., Burke, C. S., Salas, E., Sinatra, A. M., Johnston, J. H., & Gilbert, S. B. (2018). Designing adaptive instruction for teams: A meta-analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28, 225–264. <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0146-z>
22. Gu, J., & Yan, Z. (2025). Effects of GenAI Interventions on Student Academic Performance: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/07356331251349620>

23. Sun, L., & Zhou, L. (2024). Does generative artificial intelligence improve the academic achievement of college students? A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, *o(o)*, 1–38. <https://doi.org/10.1177/07356331241277937>
24. Guo, Y. R., & Goh, D. H.-L. (2015). Affect in Embodied Pedagogical Agents: Meta-Analytic Review: Meta-Analytic Review. *Journal of Educational Computing Research*, *53(1)*, 124–149 <https://doi.org/10.1177/0735633115588774>
25. Schroeder, N. L., Davis, R. O., & Yang, E. (2025). Designing and learning with pedagogical agents: An umbrella review. *Journal of Educational Computing Research*, *62(8)*, 2127–2156. <https://doi.org/10.1177/07356331241288476>
26. Younas, M., Ismayil, I., El-Dakhs, D. A. S., & Anwar, B. (2025). Exploring the impact of artificial intelligence in advancing smart learning in education: A meta-analysis with statistical evidence. *Open Praxis*, *17(3)*, 594–610. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.17.3.842>
27. Li, M., Enkhtur, A., Yamamoto, B. A., Cheng, F., & Chen, L. (2025). Potential societal biases of ChatGPT in higher education: A scoping review. *Open Praxis*, *17(1)*, 79–94. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.17.1.750>
28. Chen, S., & Cheung, A. C. K. (2025). Effect of generative artificial intelligence on university students' learning outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Educational Research Review*, *49*, 100737. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100737>
29. Sheejamol, P. T., Chacko, A. M., & Kumar, S. D. M. (2025). Beyond the One-Size-Fits-All: A Systematic Review of Personalized and Gamified e-Learning for Neurodivergent Learners. *Electronic Journal of e-Learning*, *23(3)*, 101–119. <https://doi.org/10.34190/ejel.23.3.4051>
30. Imran, M., & Almusharraf, N. (2023). Analyzing the role of ChatGPT as a writing assistant at higher education level: A systematic review of the literature. *Contemporary Educational Technology*, *15(4)*, ep464. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13605>
31. Jantakoon, T., Jantakun, T., Jantakun, K., Pongpanich, W., Pasmala, R., Wannapiroon, P., & Nilsook, P. (2025). The effectiveness of artificial intelligence in English instruction for speaking and listening skills: A meta-analysis. *Contemporary Educational Technology*, *17(4)*, ep596. <https://doi.org/10.30935/cedtech/17310>
32. Kangwa, D., Msafiri, M. M., & Fute, A. (2025). Exploring the factors that promote a balance between academic integrity and the effective use of GenAI tools in higher education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, *41(5)*, e70109 <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.101041>
33. Chen, A., Zhang, Y., Jia, J., Liang, M., Cha, Y., & Lim, C. P. (2025). A systematic review and meta-analysis of AI-enabled assessment in language learning: Design, implementation, and effectiveness. *Journal of Computer Assisted Learning*, *41*, e13064. <https://doi.org/10.1111/jcal.13064>
34. Gao, H., & Tan, Y. (2025). AI Differences in Vocational and Undergraduate Differential Applications of Artificial Intelligence in Undergraduate and Vocational Higher

Education: A Systematic Review. *Higher Education Studies*, 15(4), 398–408.
<https://doi.org/10.5539/hes.v15n4p398>

35. Ouyang, F., Dinh, T. A., & Xu, W. (2023). A systematic review of AI-driven educational assessment in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 6, 408–426.
<https://doi.org/10.1007/s41979-023-00112-x>
36. Pierrès, O., Christen, M., Schmitt-Koopmann, F., & Darvishy, A. (2024). Could the use of AI in higher education hinder students with disabilities? A scoping review. *IEEE Access*.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365368>
37. Weng, X., Xia, Q., Gu, M., Rajaram, K., & Chiu, T. K. F. (2024). Assessment and learning outcomes for generative AI in higher education: A scoping review on current research status and trends. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(6), 37–51
<https://doi.org/10.14742/ajet.9540>
38. Daniel, K., Msambwa, M. M., & Wen, Z. (2025). Can Generative AI revolutionise academic skills development in higher Education? A systematic literature review. *European Journal of Education*, 60(1). <https://doi.org/10.1111/ejed.70036>
39. Hopcan, S., Polat, E., Ozturk, M. E., & Ozturk, L. (2022). Artificial intelligence in special education: a systematic review. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 7335–7353.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2067186>
40. Bollaert, L. (2025). Artificial intelligence: objective or tool in the 21st-Century higher education strategy and leadership? *Education Sciences*, 15(6), 774.
<https://doi.org/10.3390/educsci15060774>
41. Sembey, R., Hoda, R., & Grundy, J. (2024). Emerging technologies in higher education assessment and feedback practices: A systematic literature review. *The Journal of Systems & Software*, 211, 111988. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.111988>

Vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen

Onderstaande 51 studies vormen de empirische basis voor de mapping- en reflectievragen van vraagstuk 2. Studies aangegeven met een * waren ook onderdeel van de initiële selectie voor vraagstuk 1.

1. Heung, Y. M. E., Yin, H., English, L., & Chiu, T. K. F. (2026). Theorizing AI literacy development using Habermas' three cognitive knowledge interests from a systematic review: A STEM interdisciplinary perspective. *Computers & Education*, 242, 105492.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105492>*
2. Montuori, C., Gambarota, F., Altoé, G., & Arfé, B. (2024). The cognitive effects of computational thinking: A systematic review and meta-analytic study. *Computers & Education*, 210, 104961. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104961>
3. Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103798.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>

4. Kwon, K., Lee, S. J., & Kim, K. (2025). Gender disparities in K-12 computer science education: Status, contributing factors, and instructional approaches. *Computers and Education Open*, 8, 100253. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100253>
5. Lee, D., & Palmer, E. (2025). Prompt engineering in higher education: a systematic review to help inform curricula. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(1), 7 <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00503-7>*
6. Lee, S. J., & Kwon, K. (2024). A systematic review of AI education in K-12 classrooms from 2018 to 2023: Topics, strategies, and learning outcomes. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100211 <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100211>
7. Israel-Fishelson, R., & HersHKovitz, A. (2022). Studying interrelations of computational thinking and creativity: A scoping review (2011–2020). *Computers & Education*, 176, 104353 <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104353>
8. Scherer, R., & Siddiq, F. (2019). The relation between students' socioeconomic status and ICT literacy: Findings from a meta-analysis. *Computers & Education*, 138, 13–32 <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.011>
9. Curi, M. E., Gerosa, A., Viera, M., & Carboni, A. (2025). A review of computational thinking interventions in upper elementary education. *Computers and Education Open*, 100252 <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100252>
10. Su, J., & Yang, W. (2023). A systematic review of integrating computational thinking in early childhood education. *Computers and Education Open*, 4, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122>
11. Lai, X., & Wong, G. K. (2022). Collaborative versus individual problem solving in computational thinking through programming: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 53(1), 150–170. <https://doi.org/10.1111/bjet.13157>
12. Xu, Y., & Li, H. (2025). Cybersecurity Matters for Primary School Students: A Scoping Review of the Trends, Challenges, and Opportunities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 18, 513–529. <https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3564610>
<https://doi.org/10.1109/tlt.2025.3564610>
13. Friedrich, A., Schreiter, S., Vogel, M., Becker-Genschow, S., Brünken, R., Kuhn, J., Lehmann, J., & Malone, S. (2024). What shapes statistical and data literacy research in K-12 STEM education? A systematic review of metrics and instructional strategies. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00517-z>
14. Li, Z., & Oon, P. T. (2024). The transfer effect of computational thinking (CT)-STEM: a systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 44 <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00498-z>
15. Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J., & Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 47 <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>

16. Ye, H., Liang, B., Ng, O. L., & Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: A systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 3 <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
17. Jin, H. Y., & Cutumisu, M. (2024). Cognitive, interpersonal, and intrapersonal deeper learning domains: A systematic review of computational thinking. *Education and Information Technologies*, 29(17), 22723–22756 <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12744-6>
18. Li, X., Sang, G., Valcke, M., & van Braak, J. (2024). Computational thinking integrated into the English language curriculum in primary education: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 29(14), 17705–17762 <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12522-4>
19. Zhang, W., Guan, Y., & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. *Education and Information Technologies*, 29(11), 14513–14545. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>
20. Siddiq, F., Røkenes, F. M., Lund, A., & Scherer, R. (2024). New kid on the block? A conceptual systematic review of digital agency. *Education and Information Technologies*, 29(5), 5721–5752. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12038-3>
21. Xu, E., Wang, W., & Wang, Q. (2023). A meta-analysis of the effectiveness of programming teaching in promoting K-12 students' computational thinking. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6619–6644. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11445-2>
22. Godaert, E., Aesaert, K., Voogt, J., & Van Braak, J. (2022). Assessment of students' digital competences in primary school: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9953–10011. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11020-9>
23. Li, F., Wang, X., He, X., Cheng, L., & Wang, Y. (2022). The effectiveness of unplugged activities and programming exercises in computational thinking education: A Meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7993–8013 <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10915-x>
24. Hong, L. (2024). The impact of educational robots on students' computational thinking: A meta-analysis of K-12. *Education and Information Technologies*, 29(11), 13813–13838 <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12415-y>
25. Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8445–8501 <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w>*
26. Lin, Z., Dai, Y., & Ng, O. L. (2025). Constructionism in K-12 AI Literacy Education: A Systematic Review of Pedagogical Designs, Student Outcomes, and Learning Mechanisms. *Journal of Educational Computing Research*, 63(7–8), 1748–1781 <https://doi.org/10.1177/07356331251360442>*

27. Zhang, S., Ganapathy Prasad, P., & Schroeder, N. L. (2025). Learning about AI: A systematic review of reviews on AI literacy. *Journal of Educational Computing Research*, 63(5), 1292–1322 <https://doi.org/10.1177/07356331251342081>*
28. Weng, X., Ye, H., Dai, Y., & Ng, O. (2024). Integrating Artificial Intelligence and Computational Thinking in Educational Contexts: A Systematic Review of Instructional Design and Student Learning Outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 62(6), 1420–1450. <https://doi.org/10.1177/07356331241248686>
29. Sun, C., Yang, S., & Becker, B. (2024). Debugging in Computational Thinking: A Meta-analysis on the Effects of Interventions on Debugging Skills. *Journal of Educational Computing Research*, 62(4), 867–901. <https://doi.org/10.1177/07356331241227793>
30. Ma, J., Zhang, Y., Zhu, Z., Zhao, S., & Wang, Q. (2023). Game-Based Learning for Students' Computational Thinking: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 61(7), 1430–1463. <https://doi.org/10.1177/07356331231178948>
31. Lu, Z., Chiu, M. M., Cui, Y., Mao, W., & Lei, H. (2023). Effects of game-based learning on students' computational thinking: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 61(1), 235–256 <https://doi.org/10.1177/07356331221100740>
32. Ezeamuzie, N. O., Leung, J. S., & Ting, F. S. (2022). Unleashing the potential of abstraction from cloud of computational thinking: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(4), 877–905 <https://doi.org/10.1177/07356331211055379>
33. Yin, S. X., Hoe-Lian Goh, D., & Quek, C. L. (2024). Collaborative learning in K-12 computational thinking education: A systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 62(6), 1220–1254 <https://doi.org/10.1177/07356331241249956>
34. Yim, I. H. Y., & Su, J. (2024). Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education: A scoping review. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00304-9>*
35. Yun, H. J., & Cho, J. (2022). Affective domain studies of K-12 computing education: A systematic review from a perspective on affective objectives. *Journal of Computers in Education*, 9(3), 477–514. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00211-x>
36. Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. *Heliyon*, 10(8), e29177. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177>
37. Siddiq, F., & Scherer, R. (2019). Is there a gender gap? A meta-analysis of the gender differences in students' ICT literacy. *Educational Research Review*, 27, 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.007>
38. Zhang, Y., Liang, Y., Tian, X., & Yu, X. (2024). The effects of unplugged programming activities on K-9 students' computational thinking: Meta-analysis. *Educational technology research and development*, 72(3), 1331–1356 <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10339-5>

39. Dennen, V. P., Choi, H., & Word, K. (2020). Social media, teenagers, and the school context: A scoping review of research in education and related fields. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1635-1658
<https://doi.org/10.1007/s11423-020-09796-z>
40. Su, J., Chen, X., Chu, S. K. W., & Hu, X. (2025). A scoping review of empirical research on AI literacy assessments. *Educational technology research and development*, 73(5), 3105-3130 <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10515-9>
41. Wang, J., Fan, W., & Yu, J. (2025). Comparing the effects of unplugged activities and plugged activities on the development of students' computational thinking: a meta-analysis: J. Wang et al. *Educational technology research and development*, 73(5), 3247-3267 <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10522-w>
42. Zarceño García De Soriano, A. J., Agreda Montoro, M., & Ortiz Colón, A. M. (2024). Digital Teaching Competence and Educational Inclusion in Higher Education. A Systematic Review. *Electronic Journal of e-Learning*, 22(1), 31-45.
<https://doi.org/10.34190/ejel.22.1.3139>
43. Fadillah, M. A., Syafrijon, Siregar, F. A., & Usmeldi. (2025). Augmented and Virtual Reality in Computational Thinking: A Systematic Review of Their Individual Impacts, Advantages, Challenges, and Future Directions. *Electronic Journal of e-Learning*, 22(3), 160-174. <https://doi.org/10.34190/ejel.22.3.3992>
44. Matthews, B. (2021). Digital Literacy in UK Health Education: What Can Be Learnt from International Research? *Contemporary Educational Technology*, 13(4), ep317.
<https://doi.org/10.30935/cedtech/11072>
45. Triantafyllou, S. A., Sapounidis, T., & Stamovlasis, D. (2025). Gamification and Computational Thinking in Education: A Review and a Meta-Analysis. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09906-x>
46. Lu, C., & Gu, M. M. (2025). A systematic review and meta-analysis of factors and outcomes of digital citizenship among adolescents. *Asia Pacific Journal of Education*, 45(4), 1130-1145 <https://doi.org/10.1080/02188791.2023.2296352>
47. Suri, N. A., Azhar, M., Ahda, Y., & Alberida, H. (2025). Measuring what matters: a systematic review and VOSviewer-based bibliometric approach to digital literacy assessment instruments, competency dimensions and challenges in education. *Research in Learning Technology*, 33 <https://doi.org/10.25304/rlt.v33.3413>
48. Setyawan, H., Risfendra, R., & Putra Yanto, D. T. (2024). Effectiveness of robotic technology in vocational education: A meta-analysis
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4790700>
49. Tommasi, F., Ceschi, A., Sartori, R., Gostimir, M., Passaia, G., Genero, S., & Belotto, S. (2023). Enhancing critical thinking and media literacy in the context of IVET: A systematic scoping review. *European Journal of Training and Development*, 47(1-2), 85-104 <https://doi.org/10.1108/EJTD-06-2021-0074>

50. Higgins, C., O'Leary, C., McAvinia, C., & Ryan, B. J. (2024). Generating a Template for an Educational Software Development Methodology for Novice Computing Undergraduates: An Integrative Review <https://doi.org/10.28945/5374>
51. Hidayat, H., Zulhendra, Z., Efrizon, E., Delianti, V. I., Dewi, F. K., Mohd Isa, M. R., ... & Tanucan, J. C. M. (2024). Computational Thinking Skills in Engineering Education: Enhancing Academic Achievement Through Innovations, Challenges, and Opportunities. *TEM Journal*, 13(4) <https://doi.org/10.18421/TEM134-78>

Vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

Onderstaande 51 studies vormen de empirische basis voor de mapping- en reflectievragen van vraagstuk 3.

1. Basilotta-Gómez-Pablos, V., Matarranz, M., Casado-Aranda, L.-A., & Otto, A. (2022). Teachers' digital competencies in higher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 8. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00312-8>
2. Huang, B., Jong, M. S.-Y., Tu, Y.-F., Hwang, G.-J., Chai, C. S., & Jiang, M. Y.-C. (2022). Trends and exemplary practices of STEM teacher professional development programs in K-12 contexts: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 189, 104577. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104577>
3. Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: A systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. *International Journal of STEM Education*, 11, 51. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6>
4. Siddiq, F., Røkenes, F. M., Lund, A., & Scherer, R. (2024). New kid on the block? A conceptual systematic review of digital agency. *Education and Information Technologies*, 29, 5721–5752. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12038-3>
5. Li, M., Vale, C., Tan, H., & Blannin, J. (2025). A systematic review of TPACK research in primary mathematics education. *Mathematics Education Research Journal*, 37, 281–311. <https://doi.org/10.1007/s13394-024-00491-3>
6. Hu, X., Xu, W., Wan, Z., Liu, M., & Xu, W. (2025). Bridging self-efficacy and digital competence: A comprehensive scoping review of teachers' readiness for the digital age. *SAGE Open*, 15(3), 1–25. <https://doi.org/10.1177/215824402>
7. Laoha, R., Chomthong, W., & Pongpanich, W. (2025). Artificial intelligence and English as a foreign language (EFL) teachers' competencies: A systematic review. *Higher Education Studies*, 15(3), 262–292. <https://doi.org/10.5539/hes.v15n3p262>
8. Anwar, K., Musa, J., & Salleh, S. (2025). A systematic literature review of pre-service teacher technology integration during teaching practice: Trends, frameworks, practices and recommendations for future research. *Technology, Pedagogy and Education*, 34(4), 515–535. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2025.2458615>
9. Arranz-García, O., Romero García, M. del C., & Alonso-Secades, V. (2025). Perceptions, strategies, and challenges of teachers in the integration of artificial intelligence in

- primary education: A systematic review. *Journal of Information Technology Education: Research*, 24, Article 6. <https://doi.org/10.28945/5458>
10. Domínguez-González, M. Á., Luque de la Rosa, A., Hervás-Gómez, C., & Román-Graván, P. (2025). Teacher digital competence: Keys for an educational future through a systematic review. *Contemporary Educational Technology*, 17(2), ep577. <https://doi.org/10.30935/cedtech/16168>
 11. Gallego Joya, L., Merchán Merchán, M. A., & López Barrera, E. A. (2025). Development and strengthening of teachers' digital competence: Systematic review. *Contemporary Educational Technology*, 17(1), ep555. <https://doi.org/10.30935/cedtech/15744>
 12. Rao, T. S. S., & Bhagat, K. K. (2024). Computational thinking for the digital age: A systematic review of tools, pedagogical strategies, and assessment practices. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1893–1924. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10364-y>
 13. Zarceño García de Soriano, A. J., Agreda Montoro, M., & Ortiz Colón, A. M. (2024). Digital teaching competence and educational inclusion in higher education: A systematic review. *The Electronic Journal of e-Learning*, 22(1). <https://doi.org/10.34190/ejel.22.1.3139>
 14. Varlik, S. (2024). Proficiency of teachers' perceptions of distance education and technology usage competencies: A meta-analysis study. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(2), 1–20. <https://doi.org/10.17718/tojde.1267729>
 15. Acevedo-Borrega, J., Valverde-Berrocso, J., & Garrido-Arroyo, M. del C. (2022). Computational thinking and educational technology: A scoping review of the literature. *Education Sciences*, 12(1), 39. <https://doi.org/10.3390/educsci12010039>
 16. Fernández-Batanero, J. M., Román-Graván, P., Montenegro-Rueda, M., López-Meneses, E., & Fernández-Cerero, J. (2021). Digital teaching competence in higher education: A systematic review. *Education Sciences*, 11(11), 689. <https://doi.org/10.3390/educsci11110689>
 17. Kashif, M., Ammar, M., Sellami, A., Chiu, T. K. F., Abbasi, S. A., & Ahmad, Z. (2026). Teachers' perspectives on AI integration in K–12 education: Challenges, opportunities, and preliminary assessment model—A systematic review. *Computers in the Schools*. <https://doi.org/10.1080/07380569.2025.2602507>
 18. Østerlie, O., Kristensen, G. O., Holland, S. K., Camacho-Miñano, M. J., & Whatman, S. (2025). Digital technology use in physical education teacher education: A scoping review. *Sport, Education and Society*. <https://doi.org/10.1080/13573322.2025.2474631>
 19. Banoy-Suarez, W., & González-Reyes, R. A. (2024). Analysis of frameworks for digital skills training for secondary school teachers: A systematic review. *TEM Journal*, 13(2), 1038–1050. <https://doi.org/10.18421/TEM132-18>
 20. Rahmawati, S., Abdullah, A. G., & Widiaty, I. (2024). Teachers' digital literacy overview in secondary school. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(1), 597–606. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i1.25747>
 21. Ibda, H., Syamsi, I., & Rukiyati, R. (2023). Professional elementary teachers in the digital era: A systematic literature review. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 459–467. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.23565>

22. Revuelta-Domínguez, F.-I., Guerra-Antequera, J., González-Pérez, A., Pedrera Rodríguez, M.-I., & González-Fernández, A. (2022). Digital teaching competence: A systematic review. *Sustainability*, 14(11), 6428. <https://doi.org/10.3390/su14116428>
23. Su, J., & Yang, W. (2023). Digital competence in early childhood education: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 29(4), 4885–4933. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11972-6>
24. Utami, I. S., Ghufri, A., & Ishartiwi. (2025). Professional development in digital competence for special education teachers: A systematic review. *The Electronic Journal of e-Learning*, 23(4), 53–68. <https://doi.org/10.34190/ejel.23.4.4273>
25. Duong, H. T., Tang, M. D., Vo, X. M., Nguyen, T., Kholid, M. N., Hoang, N. T., Bui, P. U., & Le, M. T. V. (2025). In-service mathematics teachers' beliefs and instructional practices in integrating ICTs into teaching: A systematic review. *Contemporary Educational Technology*, 17(4), ep598. <https://doi.org/10.30935/cedtech/17321>
26. Trujillo-Juárez, S., Chaparro-Sánchez, R., Morita-Alexander, A., Escudero-Nahón, A., & Delgado-González, A. (2025). Strengthening teacher digital competence in higher education through micro-courses: A systematic literature review. *Discover Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00687-0>
27. Arif, M., Aziz, M. K. N. A., & Ma'arif, M. A. (2024). A recent study on Islamic religious education teachers' competencies in the digital age: A systematic literature review. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(2), 587–596. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i2.21311>
28. Van Dorresteijn, C., Fajardo-Tovar, D., Roblin, N. P., Cornelissen, F., Meij, M., Voogt, J., & Volman, M. (2024). What factors contribute to effective online higher education? A meta-review. *Technology, Knowledge and Learning*, 30(1), 171–202. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09750-5>
29. Kadluba, A., Strohmaier, A., Schons, C., & Obersteiner, A. (2024). How much C is in TPACK? A systematic review on the assessment of TPACK in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 118(2), 169–199. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10357-x>
30. Ajani, O. A. (2024). Teachers' competencies in digital integration of learning contents in dynamic classroom practices: A review of teacher professional development needs. *Acta Educationis Generalis*, 14(3), 18–40. <https://doi.org/10.2478/atd-2024-0016>
31. Bancroft, R., Challen, R., & Pearce, R. (2024). Searching for a shared understanding of digital confidence in a tertiary context: A scoping review. *Journal of Learning Development in Higher Education*, (30).
32. González, J. R. G., & Bravo, G. J. V. (2023). TPACK in in-service secondary education teachers: A systematic review of the literature. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 282–296. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3198>
33. Peters, M., Ejjaberi, A. E., Martínez, M. J., & Fàbregues, S. (2022). Teacher digital competence development in higher education: Overview of systematic reviews. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 122–139.

34. Filderman, M. J., Toste, J. R., Didion, L., & Peng, P. (2021). Data literacy training for K–12 teachers: A meta-analysis of the effects on teacher outcomes. *Remedial and Special Education*, 43(5), 328–343. <https://doi.org/10.1177/07419325211054208>
35. Matthews, B. (2021). Digital literacy in UK health education: What can be learnt from international research? *Contemporary Educational Technology*, 13(4), ep317. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11072>
36. Kim, M. S. (2019). A systematic review of the design work of STEM teachers. *Research in Science & Technological Education*, 39(2), 131–155. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1682988>
37. Raffaghelli, J. E., & Stewart, B. (2020). Centering complexity in 'educators' data literacy' to support future practices in faculty development: A systematic review of the literature. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 435–455. <https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1696301>
38. Moore-Adams, B. L., Jones, W. M., & Cohen, J. (2016). Learning to teach online: A systematic review of the literature on K-12 teacher preparation for teaching online. *Distance Education*, 37(3), 333–348. <https://doi.org/10.1080/01587919.2016.1232158>
39. Rosenberg, J. M., & Koehler, M. J. (2015). Context and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186–210. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663>
40. Zhao, Y., Sánchez-Gómez, M. C., Pinto-Llorente, A. M., & Prieto, R. S. (2025). Adapting to crisis and unveiling the digital shift: A systematic literature review of digital competence in education related to COVID-19. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1541475>
41. Fernández-Batanero, J. M., Román-Graván, P., Montenegro-Rueda, M., López-Meneses, E., & Fernández-Cerero, J. (2021). Digital competencies in higher education teachers: A comprehensive analysis based on a systematic review. *Education Sciences*, 11(11), 689. <https://doi.org/10.3390/educsci11110689>
42. Saib, M. O., Rajkoomar, M., Naicker, N., & Olugbara, C. T. (2023). Digital pedagogies for librarians in higher education: A systematic review of the literature. *Information Discovery and Delivery*, 51(1), 13–25. <https://doi.org/10.1108/IDD-06-2021-0066>
43. Esteve-Mon, F. M., Llopis-Nebot, M. Á., & Adell-Segura, J. (2020). Digital teaching competence of university teachers: A systematic review of the literature. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(4), 399–406. <https://doi.org/10.1109/rita.2020.3033225>

Bijlage Sectorverdeling

Tabel 3 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 1: AI

Sector (meerdere per artikel mogelijk)	Inclusies (n = 298)			Selectie (n = 41)		
	Systematische review	Meta-analyse	Totaal	Systematische review	Meta-analyse	Totaal
Primair onderwijs (PO)	44	10	54	5	10	15
Voortgezet onderwijs (VO)	44	8	52	7	11	18
Middelbaar beroepsonderwijs (MBO)	5	0	5	3	0	3
Hoger onderwijs (HO)	121	12	133	20	13	33
Vroegschoolse educatie (VE)	0	0	0	1	1	2
Gespecialiseerd onderwijs (GO)	3	0	3	3	0	3
Sector niet gespecificeerd	98	20	118	2	1	3
Totaal	260	38	298	25	16	41

Noot: Sectoraantallen in de inclusie zijn gebaseerd op titel en abstract; studies die op dat moment niet konden worden ingedeeld zijn gelabeld als 'sector niet gespecificeerd'. Bij de codering is op basis van volledige tekstlezing een nauwkeurigere sectorindeling gemaakt, wat verklaart waarom aantallen per sector in de selectie soms hoger uitvallen dan in de inclusie.

Tabel 4 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van leerlingen

Sector (meerdere per artikel mogelijk)	Inclusies (n = 122)			Selectie (n = 51)		
	Systematische review	Meta-analyse	Totaal	Systematische review	Meta-analyse	Totaal
Primair onderwijs (PO)	38	21	59	25	18	43
Voortgezet onderwijs (VO)	35	18	53	20	18	39
Middelbaar beroepsonderwijs (MBO)	3	4	7	2	2	4
Hoger onderwijs (HO)	21	7	28	17	11	28
Vroegschoolse educatie (VE)	2	3	5	6	1	7
Gespecialiseerd onderwijs (GO)	2	0	2	0	1	1
Sector niet gespecificeerd	24	10	34	-	-	-
Totaal	85	37	122	32	19	51

Noot: Sectoraantallen in de inclusie zijn gebaseerd op titel en abstract; studies die op dat moment niet konden worden ingedeeld zijn gelabeld als 'sector niet gespecificeerd'. Bij de codering is op basis van volledige tekstlezing een nauwkeurigere sectorindeling gemaakt, wat verklaart waarom aantallen per sector in de selectie soms hoger uitvallen dan in de inclusie.

Tabel 5 Sectorverdeling naar methodetype in vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

Sector (meerdere per artikel mogelijk)	Inclusies (n = 43)		
	Systematische review	Meta-analyse	Totaal
Primair onderwijs (PO)	15	1	16
Voortgezet onderwijs (VO)	17	1	18
Middelbaar beroepsonderwijs (MBO)	1	0	1
Hoger onderwijs (HO)	18	0	18
Vroegschoolse educatie (VE)	6	0	6
Gespecialiseerd onderwijs (GO)	2	0	2
Sector niet gespecificeerd	8	1	9
Totaal	41	2	43

Bijlage Bibliometrische analyse

De bronnen voor de mappingstudie waren afkomstig van een zoekopdracht in ERIC. Dat betekent dat er geen referenties en citatie-informatie in de export beschikbaar was. Via een geautomatiseerde zoekopdracht zijn allereerst zo veel mogelijk DOI's aan de bronnen gekoppeld en daarna zijn via OpenAlex de citaties bij de bronnen, de referenties én de metadata (auteur, jaar, DOI) van de referenties opgehaald.

Steeksproefgewijze vergelijking tussen de data op OpenAlex en de getallen zoals weergegeven op Web of Science, de uitgeverspagina van de bron en data op ResearchGate laat zien dat de gerapporteerde getallen onderling verschillen. Er is voor gekozen om één bron (OpenAlex) voor de data van de analyse te gebruiken.

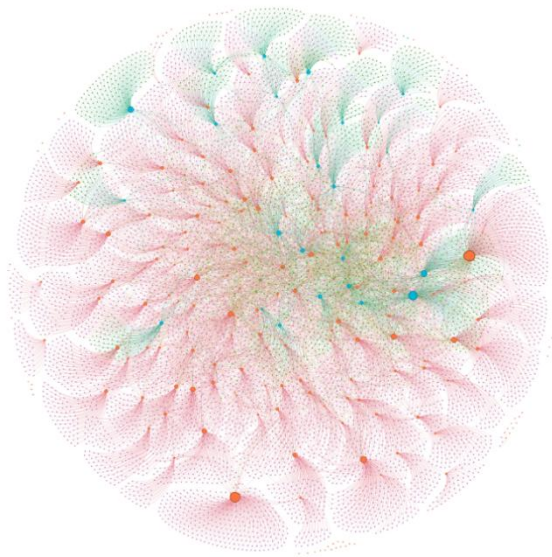
In deze bibliometrische analyse staat de **Wet van Lotka** centraal (Lotka, 1926), een theoretisch model dat de verhouding tussen het aantal publicaties en de productiviteit van auteurs beschrijft; de hierbij berekende **Lotka-exponent** (n) geeft aan hoe de autoriteit in een vakgebied verdeeld is. Een waarde in de buurt van 2,0 wijst op een stabiel en gebalanceerd veld, terwijl een hogere exponent duidt op een sterke concentratie waarbij een kleine groep experts het overgrote deel van de invloedrijke literatuur bepaalt. Voor de referenties uit de studies is de **Local Citation Score (LCS)** berekend. De LCS is een maatstaf voor de interne impact van een werk: het telt hoe vaak een artikel uitsluitend binnen de geselecteerde dataset wordt geciteerd. Dit is een maat voor de meer fundamentele bronnen voor de specifieke onderzoeksvraag.

Om de dynamiek en reikwijdte van het onderzoek verder te duiden, is gekeken naar de **Annual Growth Rate** (de jaarlijkse procentuele groei van de wetenschappelijke productie) en de **International Co-authorships %** (de mate van wereldwijde samenwerking tussen instituten en landen). Aanvullend geven de **SCP (Single Country Publications)** en **MCP (Multiple Country Publications)** kengetallen inzicht in of het onderzoek vooral binnen nationale grenzen plaatsvindt of voortkomt uit internationale netwerken. Tot slot geeft het **citation network** per onderzoeksvraag een visuele weergave van de omvang van de opgenomen meta-analyses en hun onderlinge samenhang. Voor AI is dit gedaan voor de totale documentenset en apart voor de set die gecodeerd is.

Vraagstuk 1: AI

Het netwerk van de volledige AI-set van 237 documenten, toont een dichte kern met veel uitlopers. De Lotka-exponent voor de set is met 2,145 dicht bij de theoretische waarde van 2,0 voor een stabiel en volwassen wetenschappelijk onderzoeksveld. De gemiddelde leeftijd van de 237 documenten is minder dan 2 jaar, met 128 documenten uit 2025. Trefwoorden als *Technology Uses in Education*, *Technology Integration*, *Teaching Methods* en *Higher Education* voeren de boventoon. Daarnaast is *Ethics* (ethiek) een zeer prominent thema in deze set documenten.

Het netwerk van de gecodeerde subset van 41 documenten is logischerwijs kleiner dan het netwerk van de totale set artikelen. Desondanks is de gemiddelde citatiescore met 97,68 per artikel hoog. Met een Lotka-verdeling (n) van 1,924 oogt het netwerk visueel "schoner", maar is inhoudelijk nog steeds sterk. De meest gebruikte auteur-keywords zijn *Computer Science*, *Psychology* en *Mathematics Education* (Wiskundeonderwijs). Ook *Medicine* en *Political Science* komen vaak terug.



Figuur 18 citationnetwerk AI-totaal

Toelichting kleuren:

Blauw: artikel dat ook in subset zit

Rood: artikel dat niet in subset zit

Paars: referentie die niet in de subset zit

Groen: referentie die ook in de subset zit

Tabel 6 Kengetallen AI-totaal

Periode	2015 - 2026
Omvang	237 documenten uit 139 verschillende bronnen (tijdschriften/boeken).
Gemiddelde impact	44,97 citaties per document.
Gemiddelde leeftijd documenten	1,84 jaar (heel jong!)
Samenwerking	21,52% van de publicaties komt voort uit internationale samenwerking (auteurs uit verschillende landen).
Belangrijkste bron	<i>Education and Information Technologies</i> (15 artikelen in de set)
Meest geciteerde auteur	Zawacki-Richter (2019) met 49 lokale citaties (LCS).
Lotka-exponent (n)	2,145

Tabel 7 Kengetallen AI-subset gecodeerde artikelen

Periode	2015 – 2025
Jaarlijkse groei	Een sterke stijging van 31,1%.
Gemiddelde impact	97,68 citaties per document gemiddeld (zeer hoog!).
Productiviteit	China is het meest actieve land (9 artikelen), Australië heeft de hoogste citatie-impact per artikel (gemiddeld 291).
Lotka-exponent (n)	1,924 (heel evenwichtige documentenset).

Vraagstuk 2: Digitale geletterdheid van studenten

De inhoudelijke focus van deze dataset ligt op het cognitieve aspect van digitalisering, met name voor basis- en voortgezet onderwijs (*Elementary Secondary Education*). De top trefwoorden zijn *Thinking Skills*, *Computation*, *Computational Thinking* en *Programming*. Deze inhoudelijke insteek is zichtbaar in de clustering in de afbeelding van het netwerk en de cijfermatige analyse: de meest geciteerde referentie is een publicatie van Jeannette M. Wing uit 2006 (LCS 41). Wing is de grondlegger van het concept *Computational Thinking*. Ook andere auteurs in deze set, zoals Shuchi Grover (LCS 27), richten zich op dit thema.

Tabel 8 Kengetallen Digitale geletterdheid van studenten

Periode	2018 – 2026
Productie	De groei lijkt af te vlakken, maar de output in 2024 (23) en 2025 (28) blijft voldoende. De gemiddelde leeftijd van artikelen is 2,95 jaar.
Gemiddelde impact	De VS is het meest geciteerde land met 1.013 citaties in totaal.
Focusonderwerp	<i>Computational thinking</i> is het dominante thema in de set.
Geografie	China (22 artikelen) en de VS (13 artikelen) leiden de productie.
Lotka-exponent (n)	2,083. Een evenwichtige verdeling van wetenschappelijke autoriteit.

Vraagstuk 3: Digitale competenties van leraren

Bij dit vraagstuk draait de literatuur inhoudelijk logischerwijs voornamelijk om de rol, ontwikkeling en vaardigheden van de leraar. Dominante trefwoorden zijn *Faculty Development*, *Technological Literacy*, *Teacher Competencies* en *Professional Development*. Ook is er aandacht voor *Inclusion* (inclusie) binnen het lerarenonderzoek.

Punya Mishra (2006) is in de set de meest invloedrijke bron (LCS 11). Dat jaar (2006) is het jaar waarin het TPACK-model (dat technologische, pedagogische en inhoudelijke kennis van leraren combineert) werd geïntroduceerd. Daarnaast zijn Spaanstalige onderzoekers zoals Julio Cabero Almenara (2020, 2021) en Francesc M. Esteve-Mon (2020) dominant in de documentenset. Spanje is dan ook inhoudelijk koploper en drijvende kracht is binnen deze documentenset.

Tabel 9 Kengetallen Digitale competenties van leraren

Periode	2016 – 2025
Productie	30 documenten met een jaarlijkse groei van 24,14%.
Samenwerking	Relatief lage internationale samenwerking (13,33%).
Kernconcepten	Ontwikkeling van leraren (Faculty Development) en technologische geletterdheid.
Meest geciteerde auteur	Punya Mishra (2006) is de meest geciteerde bron (LCS 11), wat wijst op de centrale rol van het TPACK-model.
Geografie	Spanje is meest vertegenwoordigd met 8 artikelen en de meeste citaties (300).
Lotka-exponent (n)	2,791. Dit duidt op een hoge concentratie; een kleine groep experts domineert de literatuur.